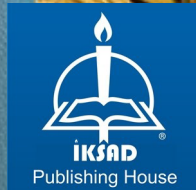




Tarıma Çok Yönlü Yaklaşım: Ürün ve Bilgi Üretimi 2

Editörler

Prof. Dr. Nurhan KESKİN
Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK
Doç. Dr. Burçak İŞÇİ



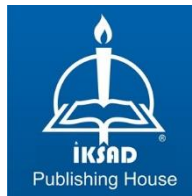
Tarıma Çok Yönlü Yaklaşım: Ürün ve Bilgi Üretimi 2

Editörler

Prof. Dr. Nurhan KESKİN
Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK
Doç. Dr. Burçak İŞÇİ

Yazarlar

Prof. Dr. Duygu AKTÜRK
Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK
Prof. Dr. Nurhan KESKİN
Prof. Dr. Özer Hakan BAYRAKTAR
Prof. Dr. Rüveyde TUNÇTÜRK
Prof. Dr. Sadettin GÜRSÖZ
Prof. Dr. Şevket ALP
Doç. Dr. Ayşen Melda ÇOLAK
Doç. Dr. Canan ÖZTOKAT KUZUCU
Doç. Dr. Doğan ARSLAN
Doç. Dr. Muazzez CÖMERT ACAR
Doç. Dr. Mustafa TERİN
Doç. Dr. Siyami KARACA
Dr. Öğr. Üyesi Bulut SARGİN
Dr. Öğr. Üyesi F. Cem KUZUCU
Dr. Öğr. Üyesi Kevser YAZAR
Dr. Öğr. Üyesi Osman DOĞAN
Arş. Gör. Dr. H. Nihan ÇİFTÇİ
Öğr. Gör. Dr. Fatma ALAN
Dr. Rukiye ZENGİN
Zir. Yük. Müh. Asuman GÜNDOĞDU BAKIR
Zir. Yük. Müh. Berrin ATSAK
Zir. Yük. Müh. Furkan GÜVEN
Zir. Yük. Müh. Kürşat Alp ASLAN
Zir. Yük. Müh. Murat DEMİR
Zir. Yük. Müh. Yasemin LEVENT
Zir. Müh. Mustafa KARACA



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

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

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

Iksad Publications – 2024©

ISBN: 978-625-378-126-2

Cover Photos: Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI (Çanakkale Onsekiz Mart University)

Prof. Dr. Serhat KARACA (Van Yüzüncü Yıl University)

Cover Design: İbrahim KAYA

December / 2024

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

MEYVE EKSTRAKTLARININ TOPLAM ANTIOKSİDAN KAPASİTESİNİ DEĞERLENDİRMEK İÇİN KULLANILAN BAZI SPEKTROFOTOMETRİK YÖNTEMLER: ANTIOKSİDANLARIN ÖNEMİ VE POTANSİYELLERİNİ DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Dr. Rukiye ZENGİN.....3

BÖLÜM 2

ÜZÜMSÜ MEYVELERİN FARKLI TEKNİKLER KULLANILARAK KURUTULMASI

Doç. Dr. Ayşen Melda ÇOLAK

Öğr. Gör. Dr. Fatma ALAN.....33

BÖLÜM 3

NANOPARTİKÜLLERİN BİTKİ DOKU KÜLTÜRÜNDE KONTAMİNASYON KONTROLÜNE ETKİLERİ VE UYGULAMA POTANSİYELLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Kevser YAZAR

Dr. Öğr. Üyesi Osman DOĞAN.....53

BÖLÜM 4

MARDİN, ŞIRNAK VE SİİRT İLLERİNE AİT ASMA GEN KAYNAKLARININ SSR MARKÖRLER İLE KARAKTERİZASYONU

Zir. Yük. Müh. Kürşat Alp ASLAN

Prof. Dr. Sadettin GÜRSÖZ

Prof. Dr. Nurhan KESKİN.....81

BÖLÜM 5

CRISPR TEKNOLOJİSİ VE BİTKİ ISLAHINDA KULLANIMI

Zir. Yük. Müh. Yasemin LEVENT

Zir. Yük. Müh. Asuman GÜNDOĞDU BAKIR.....99

BÖLÜM 6

MİKRO ELEMENTLERİN ABİYOTİK BİTKİ STRESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Arş. Gör. Dr. H. Nihan ÇİFTÇİ

Doç. Dr. Canan ÖZTOKAT KUZUCU

Dr. Öğr. Üyesi F. Cem KUZUCU.....121

BÖLÜM 7

VAN-ERCİŞ VE GEVAŞ İLÇELERİNDE SEBZE YETİŞTİRİLEN ARAZİLERİN TOPRAK ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM DURUMLARI

Dr. Öğr. Üyesi Bulut SARGİN

Doç. Dr. Siyami KARACA.....139

BÖLÜM 8

AĞRI İLİ PATNOS İLÇESİNDE ÇİFTÇİLERİN TARIM SİGORTASI YAPTIRMALARINA ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

Doç. Dr. Mustafa TERİN

Zir. Müh. Mustafa KARACA.....165

BÖLÜM 9

ANIT AĞAÇLAR VE BESLENME YÖNETİMİ: BEYKOZ İLÇESİ ÖRNEĞİ

Zir. Yük. Müh. Murat DEMİR

Prof. Dr. Şevket ALP.....181

BÖLÜM 10

TARLA BİTKİLERİNDE KALİTEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Prof. Dr. Rüveyde TUNÇTÜRK

Zir. Yük. Müh. Berrin ATSAK

Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK.....201

BÖLÜM 11

LİMON KEKİĞİ (*Thymus citriodorus*)

Doç. Dr. Doğan ARSLAN.....241

BÖLÜM 12

KOYUNCULUK İŞLETMELERİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Prof. Dr. Duygu AKTÜRK

Zir. Yük. Müh. Furkan GÜVEN.....249

BÖLÜM 13

SÜRDÜREBİLİR HAYVANCILIKTA AKILLI TARIMIN ROLÜ

Doç. Dr. Muazzez CÖMERT ACAR

Prof. Dr. Özer Hakan BAYRAKTAR.....275

ÖNSÖZ

İnsanlık tarihinin en eski ve en temel faaliyetlerinden biri olan **tarım** dünya üzerindeki yaşamın devamı için vazgeçilmezdir. Tarım sektörü özellikle gelişmekte olan ülkelerde istihdamın büyük bir kısmını oluşturur. Ayrıca tarımsal ürünler, endüstriyel ham madde kaynağı olarak ekonomiye katkıda bulunur ve ticaretin küresel düzeyde devamını sağlar. Sağlıklı tarımsal uygulamalar toplumların gıda güvenliğini artırırken kırsal alanlarda yaşayan nüfusun geçim kaynağını da destekler. Ekonomik ve sosyal faydalarla sınırlı kalmayan tarım, biyoçeşitliliğin korunması gibi kritik alanlarda büyük rol oynadığından aynı zamanda çevre ve ekosistemler için de hayatidir.

Tarım sürdürülebilirlik, verimlilik ve inovasyon gibi kavramların giderek önem kazandığı dinamik bir alandır. Dünya nüfusunun hızla artması ve iklim değişikliğinin etkilerinin giderek daha belirgin hale gelmesiyle birlikte, tarımda geleneksel yöntemlerinin ötesine geçmek, modern bilgi teknolojileriyle desteklenen çok yönlü ve sürdürülebilir yaklaşımlar geliştirmek önemlidir. Tarım doğal kaynakları etkin kullanarak toprağın, suyun ve biyolojik çeşitliliğin korunmasında ve iklim değişikliğinin çevre üzerinde etkisinin dengelenmesinde kullanılacak en değerli yatırımdır. Tarımın bu yüzyıldaki dönüşüm sürecinde bilgi temelli doğru kararlar almak verimliliği artırma ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma konusunda kilit bir unsurdur.

Bu eser, geniş bir okuyucu kitlesine hitap etmek, tarımda çok yönlü bir bakış açısıyla üretime katkı sunmak için temel tarımsal konular üzerinden sektörde sürdürülebilirlik, verimlilik ve kaliteyi artırmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlamak amacıyla, üretimden tüketime kadar okurlara ilham vermek için kaleme alınmıştır. Bu çerçevede katkı veren tüm değerli bilim insanlarına şükranlarımızı sunarız.

Editörler

BÖLÜM 1

MEYVE EKSTRAKTLARININ TOPLAM ANTIOKSİDAN KAPASİTESİNİ DEĞERLENDİRMEK İÇİN KULLANILAN BAZI SPEKTROFOTOMETRİK YÖNTEMLER: ANTIOKSİDANLARIN ÖNEMİ VE POTANSİYELLERİNİ DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Dr. Rukiye ZENGİN*

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14575972>

Kayısı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Tarım ve Orman Bakanlığı, Malatya-Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-4386>

*sorumlu yazar: rukiyezengin12@gmail.com

1. GİRİŞ

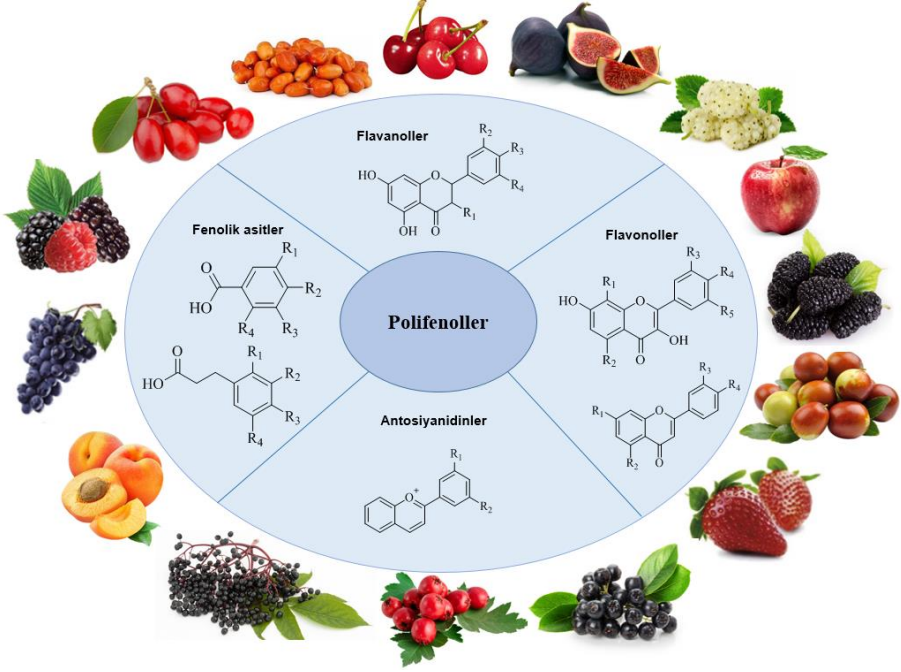
Vücutta ve gıda maddelerinde oksidasyonun etkileri bilinen ve araştırılan konulardan biridir. Oksidatif metabolizma hücrelerin hayatta kalması için gereklidir (El-Lateef vd., 2023). Oksidatif metabolizmanın bir dezavantajı, bu süreçlerde serbest radikaller ve diğer reaktif oksijen türlerinin oluşmasıdır. Aşırı miktarda serbest radikal oluşumu birçok koruyucu enzimin etkinliğini sınırlar ve ileri düzeyde olumsuz hücresel etkilere neden olabilir (Shalaby vd., 2013). Ayrıca oksidasyon gıdaları doğrudan etkileyen ve kimyasal bozulmaların başlıca nedenlerinden biridir. Dünyadaki meyve ve sebze üretiminin büyük bir kısmının hasat sonrası bozulma reaksiyonları nedeniyle israf edildiği tahmin edilmektedir. Ürünlerin besin kalitesinin, renginin, aromasının ve güvenilirliğinin bozulmasına neden olmaktadır. Hemen her alanda olduğu gibi gıda sektöründe de oksidasyon reaksiyonlarının etkilerine karşı savunma mekanizması olarak çeşitli antioksidanlar kullanılmaktadır ve antioksidan aktiviteyi ölçme ihtiyacı oluşmaktadır (Zhou vd., 2024).

Solunum, sindirim, hücre çoğalması, farklılaşma ve hücre yaşlanma gibi farklı biyolojik süreçlerin sonucunda oksidanlar açığa çıkmaktadır. Oksidasyon, bir substrattan bir oksidana elektron veya hidrojen atomu transferiyle gerçekleşen kimyasal bir reaksiyondur. Oksidatif reaksiyonlar sonucunda serbest radikaller oluşmaktadır. Ayrıca kirlilik, radyasyon ve sigara dumanı gibi çevresel faktörlerin etkisiyle de bu serbest radikaller üretilebilmektedir (Girish vd., 2023). Bu reaksiyonlar, antioksidanlar tarafından inaktive edilir ve böylece organizmada oluşabilecek hasara karşı koruma sağlanır. Ancak antioksidan savunmalar yetersizse oksidanlar hücre zarını tahrip ederek başlıca enzimlerin ve biyokimyasal süreçlerin etkinliğini engelleyebilir. Antioksidanlar; istenmeyen oksidasyon reaksiyonlarını engelleyerek veya geciktirerek oksidatif stresle ilişkili birçok etkinin ortadan kaldırılmasında etkili bileşik gruplarıdır. Bir antioksidan, 'oksitlenebilir substratın konsantrasyonlarına kıyasla düşük konsantrasyonlarda mevcut olduğunda, o substratın oksidasyonunu önemli ölçüde geciktiren veya önleyebilen herhangi bir madde' olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre; bir kimyasal reaksiyona giren tüm indirgeyiciler antioksidan değildir; yalnızca biyolojik hedefi koruyabilen bileşikler bu kriterleri karşılamaktadır (Antolovich vd., 2002).

Flavonoidler, fenolik asitler, stilbenler, lignanlar, tanenler, tiyoller vb. olarak sınıflandırılan bileşik sınıfları yaygın antioksidanlar olarak kabul edilir (Şekil 1). Bitki polifenoller, sebzelerde, meyvelerde ve diyetimizin önemli bir bölümünü oluşturan birçok gıda kaynağında yaygın olarak bulunan aromatik hidroksillenmiş bileşiklerdir. Bitkilerde bulunan en önemli antioksidanlar arasında yer alan polifenoller, aromatik bir halkaya doğrudan bağlı bir hidroksil (-OH) grubundan oluşan bir fenol grubu içerir. 9000'den fazla fenolik yapı tanımlanmıştır. En bol bulunanları fenolik asitler, flavonoidler, stilbenler ve lignanlardır. Flavonoidler ve fenolik asitler sırasıyla diyet polifenollerinin %55-60'ını ve %30-40'ını oluşturmaktadır (Pérez vd., 2023).

Fenol alt birimlerinin sayısına bağlı olarak polifenoller ve basit fenoller olarak daha ileri bir sınıflandırma yapılmaktadır. Basit fenoller fenolik asitleri içermektedir. En az iki fenol alt birimine sahip polifenoller arasında flavonoidler, stilbenler bulunur, üç veya daha fazla fenol alt birimine sahip bileşikler ise tanenlerdir. Fenolik asitler, bir karboksilik asit işlevselliğine sahip fenollerdir. İki ayırt edici yapısal karbon yapısı içerirler: hidroksisinnamik ve hidroksibenzoik yapılar (Robbins, 2003). Hidroksisinnamik asitler, hidroksibenzoik asitlerden daha yaygındır ve başlıca p-kumarik, kafeik, ferulik ve sinapik asitlerden oluşmaktadır (Lafay ve Gil-Izquierdo, 2008). Stilben ailesi, aralarında resveratrol, pterostilben ve pikeatannolün bulunduğu birkaç bileşiği içerir ve fenolik halkaları birbirine bağlayan çift bağ ile karakterize edilen başlıca bileşiklerdir. Tanenler adı verilen polimerik bileşikler, yoğunlaştırılmış ve hidrolize edilebilir olmak üzere iki gruba ayrılır. Yoğunlaştırılmış tanenler, flavonoidlerin polimerleridir ve hidrolize edilebilir tanenler, bir karbonhidrata esterleştirilmiş gallik asit veya benzer bileşikler içermektedir (Leopoldini vd., 2011).

Fenolik bileşik türevleri, evrimsel süreçte siyanobakterilerin öncüllerinden başlayarak solunum yapan organizmalar tarafından geliştirilen antioksidatif stratejilerin bir sonucu olarak, çoğu bitki tarafından sentezlenen 'ikincil bitki metabolitleri' olarak bilinen en büyük grubu temsil etmektedir. Polifenollerin antioksidan kapasitesi, yapılarından, stabilitelelerinden, biyoyararlanımlarından ve gıda matrislerinden etkilenilmektedir (Lang vd., 2024).

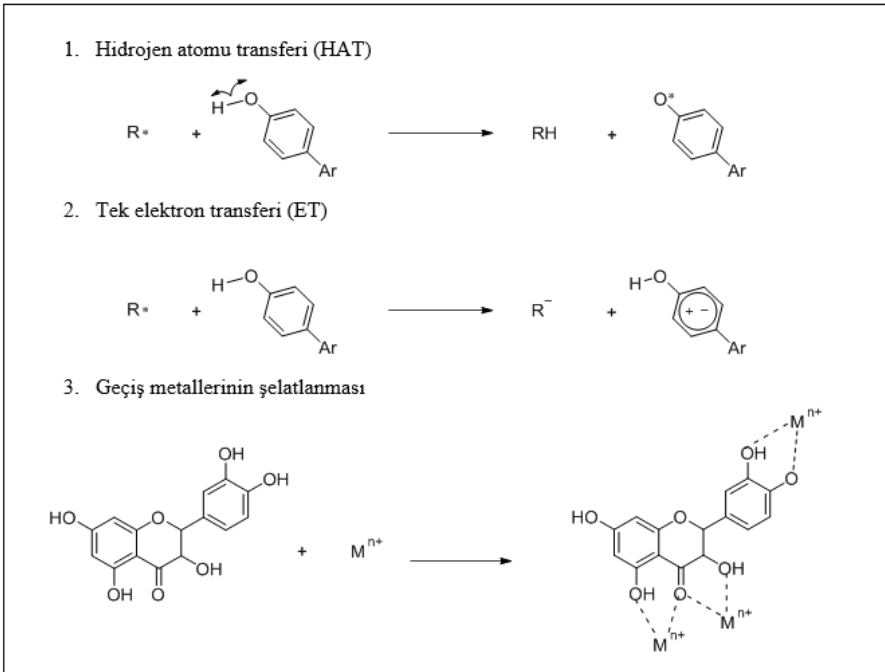


Şekil 1: Meyvelerde yer alan önemli polifenol bileşik grupları (Orijinal)

Antioksidan terimi genellikle doğal bileşikler (doğal polimerler ve bileşikler) ve endüstriyel kimyasallar (sentetik polimerler ve nano-metaller) gibi tamamen farklı iki bileşik grubu için kullanılmaktadır. Bitki bazlı antioksidanlar, gıda endüstrisinde, metal ve karbon bazlı nano malzemelerin sentezinde kullanılan doğal bir bileşik sınıfıdır. Doğal antioksidanların pH, ışık ve oksijen gibi faktörlere karşı yüksek hassasiyetleri, kullanım alanlarını sınırlamaktadır. Ayrıca, doğal antioksidanlardaki polifenoller çeşitli proteinlerle etkileşime girerek antioksidan aktivitelerinin azalmasına yol açarlar (Augustyniak vd., 2010). Etki mekanizmalarına göre bu antioksidan maddeler koruyucu ajanlar, zincir kıran maddeler ve nanoantioksidanlar olmak üzere üç kategoride sınıflandırılmaktadır (Valgimigli vd., 2018; Khalil vd., 2019). Antioksidanlar, gıda ve farmasötik ürünlerin oksidasyonunu önleyen, böylece raf ömürlerini uzatarak, kalite ve güvenilirliklerini koruyan biyoaktif bileşiklerdir (Girish vd., 2023). Bir antioksidanın etkinliğini belirleyen en önemli parametreler; konsantrasyonu, antioksidanın serbest radikallere ve diğer reaktif oksijen türlerine karşı içsel reaktivitesi, reaksiyonun sıcaklık ve kinetiğidir (Rumph vd., 2023). Antioksidanların kimyasal çeşitliliği, bireysel antioksidan özellikteki bileşenleri (ana bileşikler, glikozitler ve birçok izomer yapı) bitki

bazlı ürünlerin matrisinden ayırmayı ve ölçmeyi zorlaştırmaktadır (Yaman, 2022) Bu nedenle karmaşık yapılardaki örneklerin toplam antioksidan kapasitesini değerlendirmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Çelik vd., 2010).

Kimyasal antioksidan analizleri basit ve hızlıdır ancak koşullara bağlı olarak bu reaksiyonlar değişkendir (Lang vd., 2024). Enzimatik olmayan antioksidan aktivitelerin çoğu (serbest radikallerin temizlenmesi, lipid peroksidasyonunun inhibisyonu, vb.) redoks reaksiyonları aracılığıyla gerçekleşmektedir (Pulido vd., 2000). Antioksidan analizlerini sınıflandırmanın farklı yolları vardır: Bunlardan biri, hidrojen atomu transferi (HAT) veya tek elektron transferi (ET) olabilen reaksiyon mekanizmasına dayanır. Ancak bazı durumlarda bu iki mekanizma belirgin sınırlarla ayırt edilemeyebilir (Apak vd., 2017). Bu durumda karma HAT/ET, kademeli elektron transferi-proton transferi veya ardışık proton kaybı elektron transferi gibi daha karmaşık reaksiyonlar meydana gelir. Başka bir antioksidan mekanizma (geçiş metallerinin şelatlanması), geçiş metalleri iyonlarının polifenoller tarafından şelatlanabilmesi ve bunun sonucunda kararlı kompleks bileşiklerin oluşmasını kapsamaktadır (Şekil 2).



Şekil 2: Antioksidan kapasitesine ait mekanizmalar (Leopoldini vd., 2011).

HAT analizlerinin çoğu kinetik tabanlıdır, bir antioksidanın hidrojen atomlarını transfer etmek için O-H bağı kırılarak serbest radikalleri (genellikle peroksil radikalleri) süpürme yeteneğini ölçer (Apak vd., 2017). Antioksidan ile radikal arasındaki reaksiyonun termodinamik dönüşüm verimliliğinden ziyade hızına odaklanır (Apak vd., 2008). ET tabanlı analizler, bir antioksidanın bir oksidantı indirgeme kapasitesini ölçer ve bu süreçte oksidant indirildiğinde renk değiştirir (Apak vd., 2008). Renk değişiminin derecesi, örnekteki antioksidan konsantrasyonu ile ilişkilendirilir. ET mekanizması için polifenoller, serbest radikallere elektron vericisi olarak hareket eder. Ayrıca bu bileşikler, metal iyonlarıyla şelat oluşturarak, kararlı kompleksler meydana getirirler (Lang vd. 2024). Bu mekanizma, antioksidanların redoks potansiyelini ve toplam indirgeme kapasitesini değerlendirir. ET yöntemlerinde bağıl reaktivite, temel olarak reaktif fonksiyonel grubun deprotonasyon ve iyonizasyon potansiyeline dayanmaktadır ve bu nedenle ET reaksiyonları pH'ya bağlıdır (Apak vd., 2016). Asidik koşullarda, indirgeyici kapasite antioksidan bileşikler üzerindeki protonasyon nedeniyle kısıtlanabilirken, bazik koşullarda fenolik bileşiklerin proton ayrışması numunenin indirgeyici kapasitesini artıracaktır (Karadağ vd., 2009). Ayrıca çözücü etkisi, antioksidan bileşiklerin kimyasal davranışı üzerinde önemli bir parametredir (Zengin vd., 2024). Özütleme işlemlerinde farklı polaritelere sahip çözücülerin seçimi, HAT ve ET tabanlı antioksidan reaksiyonlarının performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilmektedir (Çelik vd., 2010).

Başka bir sınıflandırma, antioksidan kapasitesini değerlendirmek için kullanılan reaksiyon metodolojisi arasında ayrım yapar, örneğin kimyasal reaktiflere dayalı analizler ve hücresel düzeylerde değerlendirmeye yönelik analizlerdir. Kimyasal bazlı analizler, antioksidan aktiviteyi değerlendirmek için farklı yöntemlere ayrılabilir: kararlı bir serbest radikalın inhibisyonuna dayalı olanlar 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) ve 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit (ABTS), temelli Trolox eşdeğer antioksidan kapasitesi (TEAC/ABTS), metal iyonlarının indirgenmesine dayalı olanlar (demir iyon indirgeyici antioksidan potansiyeli (FRAP), bakır iyon indirgeyici antioksidan kapasite (CUPRAC), Folin-Ciocalteu (FC, toplam fenolik içeriği) analizi) veya (oksijen radikal antioksidan kapasitesi (ORAC), toplam reaktif antioksidan potansiyeli (TRAP)). Bildirilen bu yöntemler kolay, herhangi bir

özel ekipman gerektirmez ve değişen reaksiyon sürelerine sahip "sabit zamanlı" analizler olarak uygulanabilir (Rumpf vd., 2023). Bu analizlerde farklı standart potansiyellere sahip çeşitli reaktifler kullanılır (Apak vd., 2008). Bazı yöntemler yalnızca hidrofilik antioksidanları (FC ve FRAP gibi) ölçerken, diğerleri yalnızca organik çözücülerde, özellikle alkollerde çözünenleri (DPPH) tespit etmektedir.

Literatürde antioksidan aktivite ve antioksidan kapasite terimleri sıklıkla birbirinin yerine kullanılmaktadır ancak ikisi birbirinden farklı terimlerdir. Antioksidan aktivite, belirli bir serbest radikale karşı bir antioksidanın hız sabitiyle ilişkilidir. Genellikle reaksiyon hızları veya birim zamandaki temizleme yüzdeleri olarak ifade edilir. Buna karşılık, antioksidan kapasite, analiz edilen karışımdaki bir antioksidanın, belirli bir serbest radikalın süpürülen miktarını ifade etmektedir (Büyüktuncel, 2013). Antioksidan aktivite özellikle reaksiyon kinetiğiyle ilişkilidir. Antioksidan kapasitesi ise bir antioksidanın oksidatif dönüşüm sürecinin termodinamiğiyle bağlantılıdır ve sürecin denge sabitiyle ilişkilidir. Yani antioksidanlar tarafından reaktif türlerin termodinamik dönüşüm verimliliği, örneğin bir mol antioksidan tarafından sabit bir zaman diliminde temizlenen reaktif türlerin mol sayısı olarak ifade edilebilir (Özyürek vd., 2011).

Tablo 1: Antioksidan yöntemlere ait bazı reaksiyon karakteristikleri (Girish vd., 2023; Silvestrini vd., 2023)

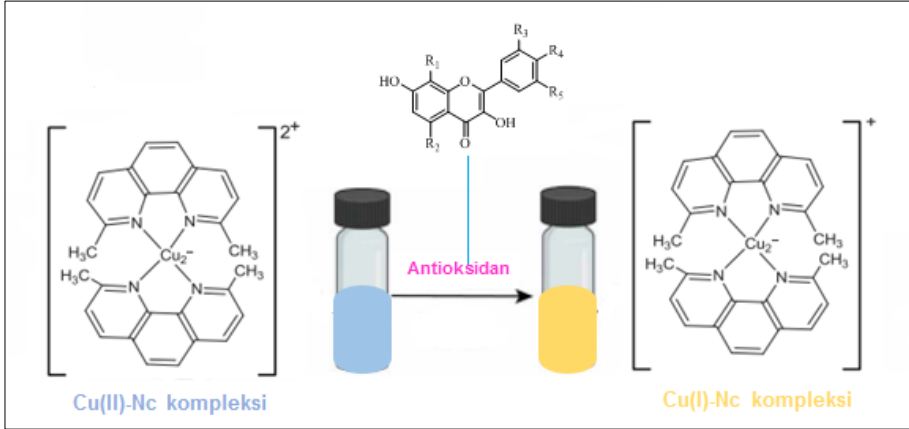
	ABTS	CUPRAC	DPPH	FRAP	FC
Yöntemin prensibi	Organik radikal kationları ile reaksiyon	Cu (II)-Nc kompleksi ile reaksiyon	Organik radikallerle reaksiyon	Fe(III) kompleksi ile reaksiyon	Mo(IV) kompleksi ile reaksiyon
Reaksiyon mekanizması	Karma mod (HAT ve ET)	ET	Karma mod (HAT ve ET)	ET	ET
Son ürün belirleme	734 nm’de renk ölçümü (renk açılması)	450 nm’de renk ölçümü (renk oluşumu)	734 nm’de renk ölçümü (renk açılması)	593 nm’de renk ölçümü (renk oluşumu)	734 nm’de renk ölçümü (renk oluşumu)
pH aralığı	3-9	7	5-9	3.6	=10
Antioksidanların polaritesi	Hidrofilik ve lipofilik	Hidrofilik ve lipofilik	Hidrofobik (organik çözücüler)	Hidrofilik (sulu çözeltiler)	Hidrofilik
Hesaplama	Troloks eşdeğeri (μM), Askorbik asit eşdeğeri (mg/100 mL veya 100 g)	Farklı antioksidan bileşiklerin eşdeğeri olarak hesaplanmaktadır	IC ₅₀ , Radikal giderme etkisi, Troloks eşdeğeri (μM), Askorbik asit eşdeğeri (mg/100 mL veya 100 g)	Fe ²⁺ iyonları eşdeğeri, Askorbik asit eşdeğeri	Gallik asit eşdeğeri (mg L ⁻¹)

HAT: Hidrojen atomu transferi, ET: Tek elektron transferi

2. ANTIOKSİDAN YÖNTEMLER

2.1. CUPRAC (Bakır iyon indirgeyici antioksidan kapasite) yöntemi

CUPRAC yöntemi, fenolik asitler, flavonoidler, karotenoidler, antosiyaninler, tiyoller ve sentetik antioksidanlar dahil olmak üzere çok çeşitli polifenoller için kullanılan basit ve çok yönlü bir antioksidan kapasite testidir. Çalışma grubu tarafından 'Bakır iyon indirgeyici antioksidan kapasite' terimi 2004 yılında CUPRAC olarak kısaltılmıştır (Şekil 3) (Apak vd., 2004). Bu yöntem, yaygın olarak kullanılan ve -SH grubu antioksidanlara tepki vermeyen FRAP testinin aksine, glutatyon gibi tiyol tipi antioksidanları ölçme kapasitesine sahiptir (Huang vd., 2005; Apak vd, 2007).



Şekil 3: CUPRAC yöntemine ait kimyasal reaksiyon (Özyürek vd., 2011).

CUPRAC analizi için kullanılan oksitleyici reaktif bis(2,9-dimetil-1,10-fenantrolin: neocuprin)Cu(II) katyonu, elektron transfer ajanı olarak hareket eder ve bu reaktif antioksidanlarla indirgenerek bis(neocuprin)Cu(I) katyonu oluşur (Cu(I)-Nc). Bu redoks reaksiyonu oda sıcaklığında, 30 dakika içinde tamamlanır ve oluşan Cu(I)-şelatın absorbanısı 450 nm'de ölçülür. Reaksiyon sonrası oluşan sarı-turuncu renk, Cu(I)-Nc şelatından kaynaklanmaktadır. Oluşan reaksiyon Eşitlik 1'de verilmiştir (Karaman vd., 2010; Özyürek vd., 2011). Oluşan Cu(I)- Nc şelat yapısı DPPH gibi radikalik reaktifleri olumsuz etkileyen ışık, nem ve pH gibi parametrelere karşı belirli bir dereceye kadar nispeten kararlıdır.

$n\text{Cu}(\text{Nc})_2^{+2} + n\text{-e}$ indirgeyici $\rightarrow n\text{Cu}(\text{Nc})^{2+} + n\text{-e}$ oksitlenmiş ürün + $n\text{H}^+$ (1) Reaksiyon karışımı 1 mL Cu^{2+} (10^{-2} M), 1 mL neocuprin (7.5×10^{-3} M), 1 mL NH_4Ac (1 M), X mL ekstrakt ve $(1.1-X)$ H_2O ; toplam hacim 4.1 mL olacak şekilde oluşturulmaktadır (Özyürek vd., 2011).

Literatürde toplam antioksidan miktarını belirlemek için kullanılan kolorimetrik yöntemlerin bazıları stabil olmamaları, yetersiz seçicilik, yüksek maliyet, kalibrasyon eğrisinde dar doğrusal bir aralık, aşırı pH hassasiyeti ve örneklerden kaynaklanan girişimler gibi bazı dezavantajlara sahiptir. Özellikle hava, nem, gün ışığı gibi fizyolojik parametrelerin CUPRAC reaksiyonunu etkilemediği ve belirtilen noktalarda diğer yöntemlerden üstün olduğu kanıtlanmıştır (Şen vd., 2024).

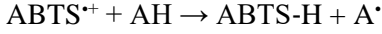
CUPRAC yönteminde absorbansa karşı konsantrasyon eğrileri, polinom eğrileri veren diğer yöntemlerden farklı olarak geniş bir aralıkta doğrusaldır. Bu yöntem hem hidrofilik hem de lipofilik antioksidanları (örn. β -karoten ve α -tokoferol) ölçebilmektedir. Yaygın olarak kullanılan Folin-Ciocalteu reaktifine göre bir avantaj olarak, CUPRAC lipofilik antioksidanları ölçebilirken, FC biyolojik sıvıların toplam antioksidan kapasite analizi için kullanılamaz. CUPRAC redoks reaksiyonu sonucu oluşan $\text{Cu}(\text{I})$ iyonu şelatlı bir durumda olduğu için (yani, $\text{Cu}(\text{I})\text{-Nc}$), vücut sıvılarındaki biyolojik makromoleküllere oksidatif hasar verebilecek bir prooksidan olarak davranmaz. Kararlı $\text{Cu}(\text{I})$ -şelat, hidrojen peroksit ile reaksiyona girmez, ancak ters reaksiyon, yani H_2O_2 'nin $\text{Cu}(\text{II})\text{-Nc}$ ile oksidasyonu mümkündür. Bu nedenle, Nc 'ye şelatlı $\text{Cu}(\text{I})$, H_2O_2 veya onun öncülleri bulunmadığında Fenton tipi bir reaksiyonda test edilen antioksidanlara karşı prooksidan olarak davranmaz (Munteanu ve Apetrei, 2021). Yöntem, karmaşık bir ekipman gerektirmek yerine standart kolorimetreler kullanılarak geleneksel laboratuvarlarda kolayca ve çeşitli şekillerde uygulanabilir (Ribeiro vd., 2011).

2.2. ABTS (2,2'-azinobis(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) yöntemi

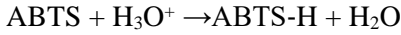
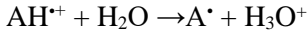
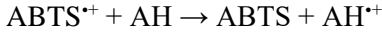
Tek elektron transferine dayanan ilk yöntem, ABTS/TEAC (Trolox eşdeğer antioksidan kapasite) renk giderme testidir. Bu yöntemin uygulama alanı oldukça geniştir, çünkü birçok modifikasyonu bulunmaktadır ve saf lipofilik ve hidrofilik antioksidanlar, karotenoidler ve flavonoidler de dahil olmak üzere antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde kullanılabilir. Bu testte

antioksidan ölçümleri yakın-IR bölgesindeki (734 nm) ölçümlerle belirlenir. Böylece ortamda absorbe edilen bileşenlerden ve numune bulanıklığından kaynaklanan girişimler en aza indirilir (Antolovic vd., 2002). Sonuçlar genel olarak troloks (suda çözünen bir E vitamini analogu) eşdeğeri olarak ifade edilmektedir.

HAT mekanizması:

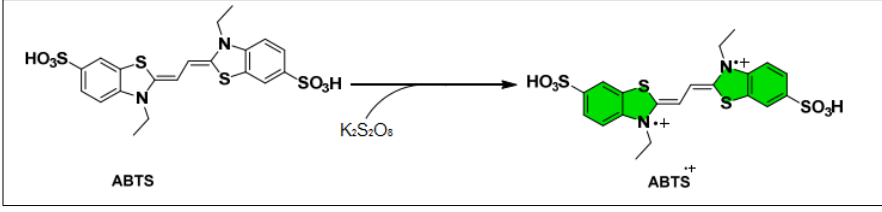


SET mekanizması:



ABTS/TEAC testi ilk olarak Miller ve Rice-Evans tarafından 1993 yılında rapor edilmiş ve daha sonra Re vd. tarafından geliştirilmiştir (Huang vd., 2002). Geliştirilmiş versiyonda, oksidan olarak ABTS⁺⁺ radikali (2,2'-azinobis(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) potasyum persülfat ile oksitlenerek üretilmiştir (Şekil 4). Bu işlem için 7 mmol ABTS amonyum tuzu su içinde çözülmüş ve üzerine 2.45 mmol potasyum persülfat (K₂S₂O₈) eklenmiştir. Karışım oda sıcaklığında 12-16 saat bekletilerek koyu mavi bir çözeltinin oluşması sağlanmıştır. Daha sonra bu çözeltinin, absorbanı 734 nm'de 0.7 olacak şekilde etanol veya pH 7.4 tampon çözeltisi ile seyreltilmiştir (Huang vd., 2005).

ABTS⁺⁺ radikali doğrudan kullanıma hazır değildir ve enzimatik (peroksidaz, miyogloblin) veya kimyasal (mangan dioksit, potasyum persülfat, kurşun dioksit, ABAP (2,2'-azobis(2-amidopropan)) reaksiyonlarla üretilmektedir (Miller vd., 1996; Re vd., 1999; Arnao vd., 2000; Geletii vd., 2002). Potasyum persülfat ABTS⁺⁺ radikalini oluşturmak için kullanılan en yaygın bileşiktir (Zhong vd., 2015).

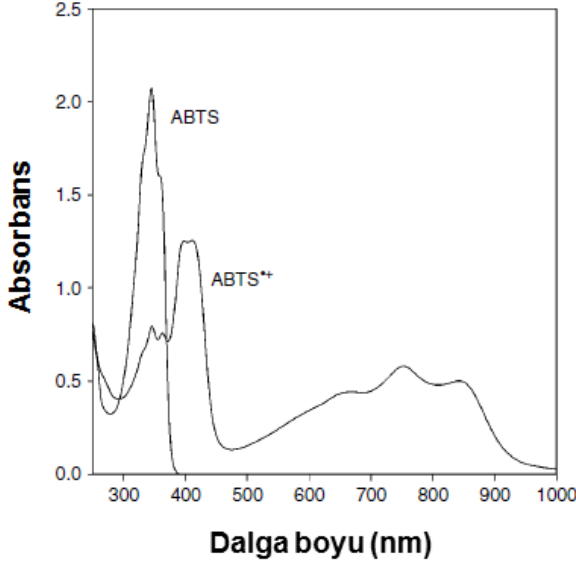


Şekil 4: ABTS radikal katyonunun potasyum persülfat ile oluşumu (Girish vd., 2023).

ABTS⁺ radikalinin hem sulu hem de organik ortamda çözünebilmesi nedeniyle örneklerdeki hidrofilik ve lipofilik bileşiklere (amino asitler, tiyoller, indoller, karotenoidler ve flavonoidler de dahil) karşı reaktiftir (Re vd., 1999; Granato vd., 2018). Bu reaktif karanlıkta 2- 3 gün boyunca stabildir (Nilsson vd., 2005). Bu antioksidan test geniş bir pH aralığında çalışılabilir, ancak birçok durumda pH, antioksidan aktivitenin ölçüleceği örnekten ve reaksiyon ortamından etkilenebilir (Zheng vd. 2016). Çünkü reaksiyon mekanizması pH ile değişebilir, örneğin asidik pH koşullarında elektron transferi kolaylaşmaktadır. ABTS⁺ radikali doğada bulunmayan metastabil bir radikaldir ve bu nedenle “fizyolojik olmayan” bir radikal kaynağını temsil etmektedir. Ayrıca, büyük azot merkezli ve sterik olarak engellenmiş bir radikal olduğundan, biyolojik dokularda ve gıdalarda aktif olan küçük yüksek reaktif radikaller (örneğin, HO^* , NO^* , O_2^*) için iyi bir test değildir (Schaich vd. 2015). Bu nedenle, reaksiyon antioksidanın kimyasal özelliklerinden ziyade radikal merkezine erişilebilirlik daha öne çıkmakta ve böylece bu testin kimyasal doğruluğunu ve gerçek durumlarda antioksidanların aktivitesini doğru bir şekilde tahmin etme yeteneğini sınırlamaktadır (Tian ve Schaich, 2013).

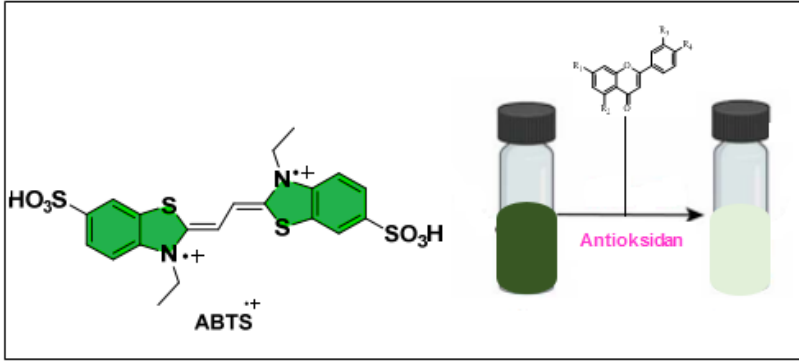
ABTS⁺ spektrumu beş farklı dalga boyu maksimumu göstermektedir (Şekil 5), bunlardan 414 ve 734 nm en yaygın kullanılanlarıdır. Bununla birlikte, 414 nm'de ölçüm yapmak, 414 nm'ye yakın absorpsiyon maksimumlarına sahip antosiyaninler, karotenoidler vb. gibi çeşitli doğal bileşiklerin varlığı nedeniyle bitki ve gıda örneklerinde antioksidan aktivitenin düşük tahmin edilmesine yol açabilmektedir ve okunan değerlerle etkileşim daha kolay olmaktadır. Bu etki; Arnao vd., (2000) tarafından şaraplarda ve narenciye sularında TEAC tayini için ABTS⁺ ve DPPH yöntemleri kullanılarak yapılan karşılaştırmalı bir çalışmada açıkça gösterilmiştir. Bitkisel materyalden (esas olarak antosiyaninler ve karotenoidler) önemli girişimler olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle, numunenin rengi ne kadar yoğun olursa, absorbans azalması o kadar küçük olur ve dolayısıyla TEAC değerleri de o kadar düşük

olur. Bu nedenle, girişimden kaçınmak ve ABTS⁺ tarafından mükemmel şekilde karşılanan bir özellik olan daha güvenilir veriler elde etmek için görünür bölgeden uzak bir dalga boyu seçilmesi önerilir (Cano ve Arnao, 2018).



Şekil 5: ABTS ve ABTS⁺ radikal katyonuna ait absorpsiyon spektrumu (414, 417, 645, 734, 815, and 873 nm) (Cano ve Arnao, 2018).

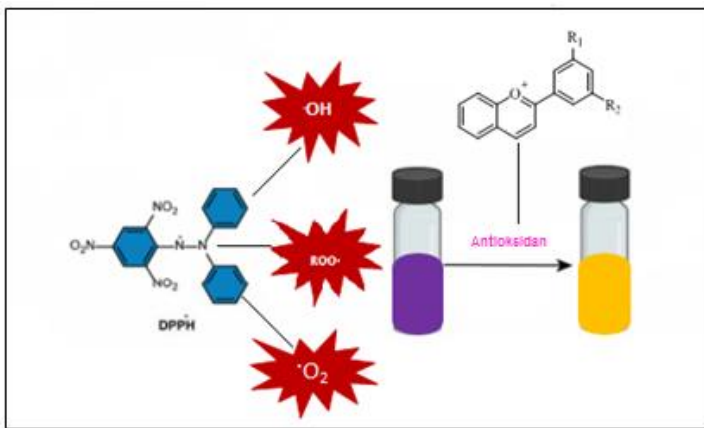
TEAC reaksiyonu tamamlanmadan (kısa süreli bir bitiş noktasının kullanılması (4-6 dakika)) önce absorbans değerlerinin ölçülmesi beklenenden düşük değerlerin bulunmasıyla sonuçlanabilir (Şekil 6). Çünkü bazı antioksidanlar tamamen ve neredeyse anında reaksiyona girerken, diğerleri yavaş veya hem hızlı hem de yavaş şekilde reaksiyona girer, bu nedenle son süreye bağlı olarak farklı ölçümler elde edilir. Absorbans değerindeki azalmanın bittiği zaman reaksiyonun son noktası olarak alınmalıdır (Jakobek vd., 2012).



Şekil 6: ABTS radikalinin kimyasal yapısı (Girish vd., 2023).

2.3. DPPH (2,2'-difenil-1-pikrilhidrazil) yöntemi

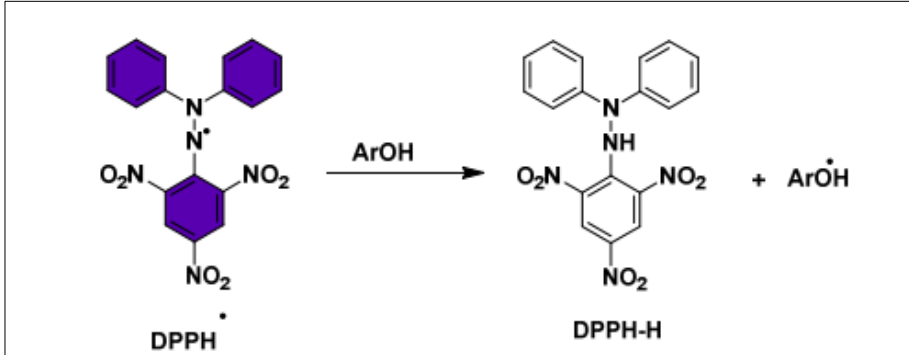
Serbest radikaller biyolojik sistemlerdeki oksidatif hasarda önemli bir rol oynamaktadır ve bu nedenle, saf bileşiklerin veya ekstraktların antioksidan özelliklerinin değerlendirilmesinde serbest radikalleri yakalama yetenekleri ölçülmektedir (Dawidowicz vd., 2012). Ölçüm yöntemlerinden en popüler olanlardan biri, kararlı 2,2'-difenil-1-pikrilhidrazil radikalini kullanan DPPH yöntemidir (Şekil 7) (Sharma ve Bhat, 2009). DPPH yapısındaki elektron delokalizasyonu nedeniyle kararlı bir serbest radikaldir. Ayrıca çoğu serbest radikalde görülen dimerleşme reaksiyonu DPPH'da gözlenmez. DPPH 517 nm civarında maksimum absorpsiyon piki ve mor bir rengin oluşması ile nitelendirilmektedir.



Şekil 7: DPPH radikalinin (2,2'-difenil-1-pikrilhidrazil) kimyasal yapısı (Girish vd., 2023).

DPPH testi, özellikle bitki ve gıda ekstraktlarındaki antioksidan kapasiteyi ölçmek için geliştirilen en kolay ve en sık kullanılan yöntemlerden biridir (Ácsová vd., 2019). Bu yöntem, esas olarak elektron transferine (ET) dayalı bir yöntemdir ve hidrojen atomu transferi (HAT) mekanizması testte yalnızca ikincil bir reaksiyon yoludur (Zhoung vd., 2015). Literatür çalışmaları DPPH reaksiyonlarını çoğunlukla HAT'a atfetse de, metanol gibi güçlü hidrojen bağı oluşturan çözücülerdeki reaksiyonlar hidrojen atomlarının salınmasını engeller ve böylece ET mekanizması HAT'a göre daha güçlü hale gelir (Schaich vd., 2015). DPPH reaksiyonları, antioksidan bileşiklerinin kimyasal özelliklerinden ziyade sterik erişilebilirlikle daha yakından ilişkilidir.

DPPH süpürme testi, antioksidanların bir hidrojen atomu vererek 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil radikalini radikal olmayan bir forma dönüştürmesine dayanmaktadır. Reaksiyon sırasında, nitrojen köprüsünün bir atomunda eşleşmemiş bir valans elektronu bulunan DPPH, bir antioksidandan gelen bir hidrojen atomuyla reaksiyona girer ve böylece mor rengin kaybolmasıyla birlikte DPPH-H veya DPPH-R üretilir (Şekil 8) (Dawidowicz vd., 2012). DPPH solüsyonu ile karıştırılan örnek oda sıcaklığında 30 dakika inkübasyona bırakılır ve ardından 517 nm'de absorbanstaki azalmanın izlenmesiyle antioksidan aktivite belirlenir (Ácsová vd., 2019).



Şekil 8: DPPH radikaline ait kimyasal reaksiyon (Girish vd., 2023).

DPPH radikali yalnızca organik ortamda (özellikle alkol ortamında) çözünebilmektedir. Sulu ortamda çözünmediği için hidrofilik antioksidanların yorumlanmasını sınırlandırmaktadır. Kolay uygulanabilir bir yöntem olmasına rağmen, su içeriği, ölçüm sistemindeki hidrojen atomunun varlığı ve konsantrasyonu, katalitik özellikte metal iyonlarının varlığı, kullanılan çözücü türü ve miktarı, DPPH solüsyonunun tazeliği gibi faktörler reaksiyona

girmemiş DPPH miktarındaki farklılıkları önemli ölçüde etkilemektedir (Dawidowicz vd., 2012). Spektrofotometrik DPPH testinin başlıca sınırlamalarından biri, DPPH ile aynı dalga boyu aralığında (500-550 nm) absorpsiyon yapan bileşiklerin spektrumlarının çakışmasıdır. Örneğin, antosiyaninler bu dalga boyu aralığında güçlü bir absorpsiyona sahiptir, bu da sonuçlarda ve yorumlamalarda girişimlere neden olabilir (Zhoung vd., 2015).

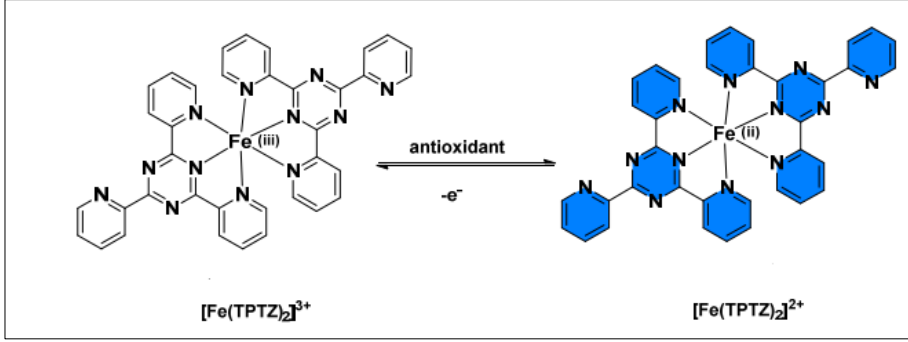
Antioksidanlar DPPH ile çok hızlı elektron transferi ve yavaş hidrojen atomu transferi ile reaksiyona girmektedir. Başlangıç reaksiyonları (elektron transferi) oldukça hızlıdır ancak fenolün engellenmiş DPPH radikal bölgesine ulaşmasının daha zor olması nedeniyle ABTS^{•+} reaksiyonlarından daha yavaştır (Schaich vd., 2015). Hem elektron hem de hidrojen atomu transfer mekanizmalarının varlığı, özellikle çözücüyle DPPH reaksiyonlarının değişkenliğinde belirgindir. DPPH testi için en yaygın kullanılan çözücü olan metanol, hidrojen atomlarını güçlü bir şekilde bağlar ve HAT mekanizmasını engeller (Foti vd., 2004). Ancak su bağlanmayı zayıflatır ve H atomu transferini kolaylaştırır, bu nedenle reaksiyon ortamına eklendiğinde, H atomu transfer yeteneğine sahip herhangi bir bileşik reaksiyon hızını artırır (Schaich vd., 2015).

Antioksidan karışımların DPPH ile reaksiyonu, tek tek bileşenlerin toplam reaktivitesinden daha azdır ve bu da karışık ekstratlar tarafından radikal süpürmenin baskılandığını göstermektedir. Bu nedenle bu test, hücrelerdeki veya gıdalardaki potansiyel radikal süpürmeyi büyük ölçüde yansıtmayabilir (Schaich vd., 2015).

2.4. FRAP (Demir indirgeyici antioksidan gücü)

Demir indirgeyici antioksidan gücü (FRAP) yöntemi tripiridil triazin Fe(TPTZ:2,4,6-tripiridil-s-triazin)³⁺ kompleksinin, asidik ortamda antioksidanlar tarafından yoğun mavi renkli Fe²⁺ kompleksi Fe(TPTZ)²⁺'ye indirgenmesine dayanmaktadır (Şekil 9) (Magalhaes vd., 2008). FRAP testinde reaktiflerin hazırlanması kolaydır, sonuçlar oldukça tekrarlanabilir, prosedür düşük maliyetli, basit ve hızlıdır (Benzie ve Strain, 1996). FRAP testi, tipik bir elektron transferine (ET) dayalı yöntemdir ve 593 nm'deki absorpsiyon artışı olarak belirlenir (Danet, 2021). Sonuçlar mikromolar Fe²⁺ eşdeğeri veya bir antioksidan standardına göre ifade edilebilir. Bu yöntem hidrofilik ve lipofilik antioksidanların tayini için uygundur. Ancak bu reaksiyon spesifik değildir ve

0.70 V'dan daha düşük redoks potansiyeline sahip, *in vivo* olarak antioksidan özellik göstermeyen herhangi bir bileşik bile demiri indirgeyebilir. Elde edilen FRAP sonuçları ise analizin zamanına bağlı olarak önemli ölçüde değişebilmektedir (Pulido vd., 2000).



Şekil 9: FRAP yöntemine ait kimyasal reaksiyon (Girish vd., 2023).

[Fe(TPTZ)₂]³⁺ ün [Fe(TPTZ)₂]²⁺ ye indirgenmesi sonucunda açık maviden koyu maviye bir renk değişimi gözlenir. Bu yöntemde Fe(III) kompleksinin çözünürlüğünü korumak için reaksiyon ortamı asidiktir (pH = 3,6). pH > 7.0 olan bir reaksiyon ortamı, çözünmeyen bir katı olan Fe(OH)₃ oluşumuna yol açmaktadır (El-Lateef vd., 2023).

FRAP testinin bir dezavantajı, Prusya mavisinin çökelme, süspansiyon oluşturma ve ölçüm kabını lekeleme eğilimidir. Bu nedenle, Fe³⁺ (FeCl₃) çözeltisinin ekleme zamanı önemlidir ve sonuçların yorumlanmasında hatalara neden olabilmektedir. Orijinal FRAP testi, demir iyonuna bağlayıcı ligand olarak tripiridiltriazin (TPTZ) kullanırken, askorbik asidin indirgeyici gücünü değerlendirmek için ferrozin gibi alternatif ligandlar da demir iyonunu bağlamak için kullanılmıştır. Son zamanlarda potasyum ferrisiyanür FRAP testlerinde kullanılan en yaygın ferrik reaktif olmuştur.

Genel olarak, ET tabanlı bir yöntem olan FRAP testinin, lipid sistemlerinde meydana gelen radikal süpürme süreciyle (HAT mekanizması) düşük bir ilişkiye sahip olduğu ve diğer antioksidan aktivite ölçümleriyle düşük bir korelasyona sahip olduğu bildirilmiştir. Genel olarak bu yöntemin diğer antioksidan yöntemlerle birlikte kullanılması önerilmektedir.

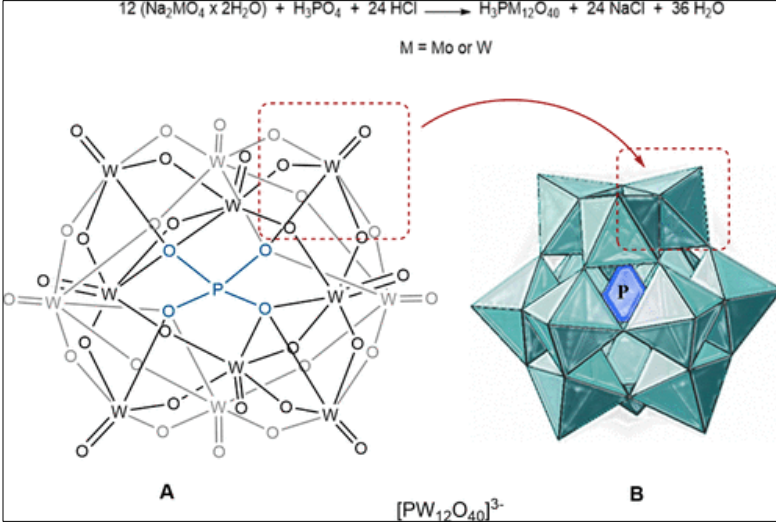
FRAP testi basit, hızlı ve uygun maliyetlidir ve ayrıca özel ekipman gerektirmez. FRAP sonuçlarının antioksidanlar ve Fe³⁺ arasındaki reaksiyon

için gözlemlenen analiz süresine göre değişebileceğini bildirmiştir; bu süre birkaç dakikadan birkaç saate kadar değişebilmektedir. Hem FRAP hem de TEAC analizlerinde redoks reaksiyonlarının çok hızlı ilerlediği hipotezine dayanmaktadır ve bu nedenle reaksiyonların sırasıyla 4 ve 6 dakika içinde tamamlandığı düşünülmektedir. Demiri bağlayan veya düşük yada farklı reaktiviteye sahip bileşiklere parçalanan fenoller en iyi 4 dakika gibi kısa bir reaksiyon süreleriyle analiz edilir düşüncesi her zaman doğru değildir. Çünkü, bazı polifenoller daha yavaş reaksiyona girer ve tespit için daha uzun reaksiyon süreleri gerektirmektedir. Bu nedenle FRAP sonuçları, analizin zaman ölçeğine bağlı olarak büyük ölçüde değişim göstermektedir (Pulido vd., 2000; Prior vd., 2005).

2.5. FC (Folin-Ciocalteu) yöntemi

Folin-Ciocalteu (FC) testi 1965'ten beri bitki bazlı gıdaları analiz etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır ancak biyolojik örneklerde uygulanması ancak 1990'lı yıllarda başlamıştır (Dominguez-López vd., 2024). Biyolojik matrislerde FC testinin uygulanması sırasında, numunelerdeki fenolik olmayan (aromatik aminler, belirli amino asitler, yüksek şeker konsantrasyonları, sitrik asit veya askorbik asit gibi) indirgeyici maddelerin etkisi nedeniyle toplam polifenol içeriğinin yüksek çıkması, kullanımını sınırlayan faktörlerden biri olmuştur. Toplam fenolik madde miktarı için popüler bir test olmasına rağmen, doğrudan fenolik bileşikler için özel olarak tasarlanmamıştır, çünkü reaktif, numunede bulunan diğer fenolik olmayan bileşikler tarafından indirgenebilmektedir.

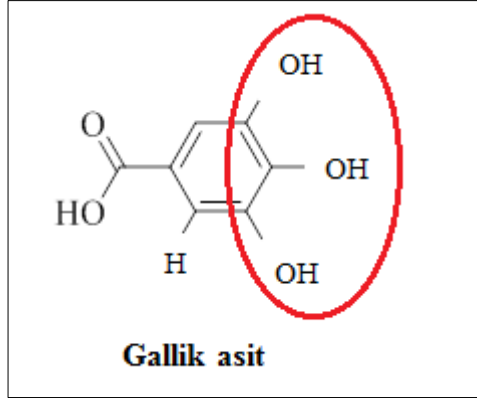
FC reaktifi piyasada kolayca bulunabilmesine rağmen, orjinal protokole göre de hazırlanabilmektedir. Sodyum tungstat ($\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 100g), sodyum molibdat ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 25g), konsantre hidroklorik asit (100 mL), % 85 fosforik asit (50 mL) ve sudan (700 mL) oluşan bir karışımın 10 saat kaynatılmasıyla (Şekil 10) hazırlanmaktadır. Reaksiyon sonrası fosfomolibdik asit ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$) ve fosfotungstik asitten ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) oluşan sarı renkli kompleks bir çözelti oluşur. Çökelti oluşumunu azaltmak için kaynatma işleminden sonra lityum sülfat (150 g, $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) eklenir. Kirletici indirgeyiciler nedeniyle reaktif yeşil renge dönerse, birkaç damla brom veya az miktarda %30 hidrojen peroksit eklenerek kalitesi eski haline getirilebilmektedir (Bancuta vd., 2016; Dominguez-López vd., 2024).



Şekil 10: FC reaktifinin hazırlanması. Anyonik türevin $[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}]^{3-}$ - α -Keggin yapısı (A); Çok yüzlü model formu (B) (Dominguez-López vd., 2024).

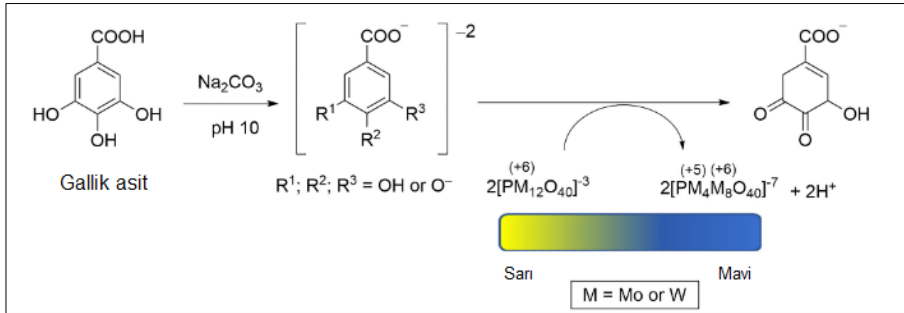
Şarap örneklerinin toplam fenolik içeriği belirlenirken tannik asit, kalibrasyon eğrileri için uzun bir süredir referans olarak kullanılmaktadır (Singleton ve Rossi, 1965). Ancak tannik asit içeriğinin şaraplar ve diğer alkollü içecekler arasında farklılık gösterebilmesi nedeniyle Singleton vd (1999) tarafından gallik asit eşdeğeri alternatif olarak belirlenmiştir. Şarap örneklerine eklenen gallik asit kantitatif olarak geri kazanılmış ve eklenen standarda paralel uygun absorbans değerleri elde edilmiştir. Böylece FC sisteminde, Lambert-Beer yasasından sapmaların büyük ölçüde bulunmadığını göstermiştir. Konsantrasyon arttıkça moleküller arası etkileşimlerden dolayı sapmalarında arttığı bilinmektedir. Çalışmada kullanılan optik küvetin kalınlığına bağlı olarak, kantitatif olarak belirlenebilecek minimum sınır 3 mg GAE/L'dir (LOQ) (Pérez vd., 2023).

Gallik asit; klorojenik veya neoklorojenik asit gibi diğer bileşiklere kıyasla en yüksek absorbansı gösterdiğinden, analiz sonuçları sıklıkla gallik asit eşdeğerleri (GAE) olarak ölçülmektedir (Şekil 11). Galloil grubu fenolik indirgeme kapasitesi üzerinde en olumlu etkiye sahiptir, bu da 3,4,5-trihidroksibenzoik asit olan gallik asidin fenolik asit grubundaki en güçlü antioksidan olmasını açıklamaktadır.



Şekil 11. Gallik asidin yüksek indirgeme özelliğini sağlayan kimyasal yapısı (Perez vd., 2023).

FC fotometrik testi, başlangıçta proteinlerdeki tirozin ve triptofanı tespit etmek ve miktarını belirlemek için geliştirilmiş olmasına rağmen, fenolik bileşikler için kullanılan en yaygın prosedürlerden biridir (Apak vd., 2016). FC reaktifinin kesin kimyasal bileşimi tanımlanmamış olsa da, 765 nm'de maksimum absorpsiyona sahip mavi bir kromofor üreten fosfomolibdik ve fosfotungstik asitlerin bir karışımını içerdiği bilinmektedir. Test, FC reaktifi (oksidan) ve bir antioksidan tür (elektron donörü) arasındaki elektron transferi reaksiyonuna dayanmaktadır (Şekil 12). Elektron aktarımından sonra reaktifin ne ölçüde renk değiştirdiği antioksidan bileşiklerin indirgeyici aktivitesine bağlıdır.



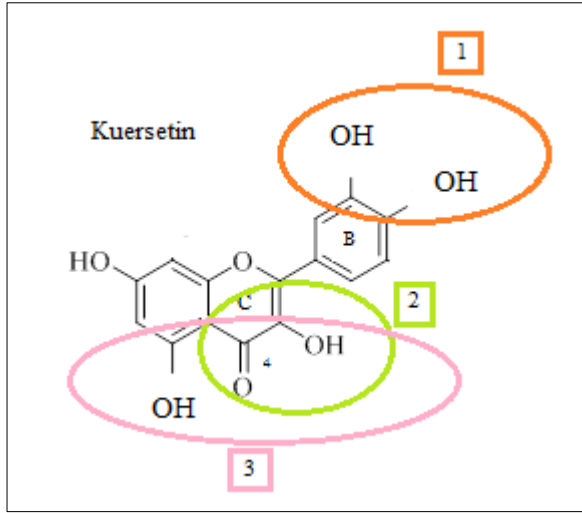
Şekil 12: Folin-Ciocalteu yöntemine ait kimyasal reaksiyon (Dominguez-López vd, 2024).

FC testi, polifenol bileşiklerin antioksidan kapasitesini değerlendirmek için basit, tekrarlanabilir bir yöntemdir. Bununla birlikte, yöntem pH, sıcaklık ve reaksiyon süresine duyarlı olduğundan, güvenilir sonuçlar elde etmek için reaksiyon koşullarının dikkatle seçilmesi gerekmektedir (Raposo vd., 2024).

Fenolik bileşikler sadece bazik koşullarda asidik FC reaktifi ile reaksiyona girmektedir. Fenolik halkada deprotonlanmış bir OH grubu gerekli olduğundan, pH değerini yaklaşık 10'a çıkarmak için numune ve reaktif karışımına belirli bir konsantrasyonda sodyum karbonat çözeltisi eklenmektedir. Reaksiyon karışımı oda sıcaklığında 90-120 dakika inkübe edilmektedir. Elde edilen mavi renk oda sıcaklığında altı saate kadar stabildir. Bu yöntem genel olarak sadece suda çözünen antioksidanlar için uygundur.

FC reaktifi sadece suda çözünen antioksidanlarla kullanılabilir ve reaksiyon ortamı sodyum komplekslerinin çökmesini önlemek için lityum sülfat ile muamele edilmiştir. Bu nedenle lipofilik ve hidrofilik antioksidanların eş zamanlı analizi için FC yöntemi, sodyum hidroksit içeren izobütanol ve su ortamı kullanılarak modifiye edilmiş ve standardize edilmiştir. Bu alternatif prosedür rutin olarak uygulanmasa da, suda çözünen bileşiklerin (askorbik, gallik, kafeik ve ferulik asitler; troloks, kuersetin, kateşin, glutatyon ve sistein gibi) yanı sıra bütillenmiş hidroksianisol, bütillenmiş hidroksitoluen, tertütilhidrokinon, lauril gallat ve β -karoten gibi lipofilik antioksidanları test etmek için başarıyla kullanılmıştır.

Polifenollerin kimyasal yapıları FC reaktifi ile reaksiyonunu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu polifenol gruplarından; fenolik asitlerin serbest radikalleri temizleme yeteneği, moleküllerindeki hidroksil ve metoksi gruplarının miktarına ve/veya konumuna bağlıdır (Cai vd., 2006). Daha önce yapılan çalışmalarda, flavonoidlerdeki OH gruplarının sayısı ve konumunun (özellikle B halkasındakilerin) FC deney sonuçlarını etkilediğini göstermiştir. Flavonoidlerin antioksidan kapasitesini açıklamak için ise Bors kriterlerine dayalı üç yapısal özellik varsayılmıştır (Bors vd., 1990) (Şekil 13). B halkasında bir katekol grubunun varlığı (1), ortaya çıkan antioksidan radikalinin kararlılığını artırmaktadır; C halkasında bir 4-okso grubuna konjuge olmuş çift bağlar (2) elektron delokalizasyonuna izin verir; 4-okso grubuyla birlikte OH gruplarının varlığı, hidrojen bağları yoluyla elektron delokalizasyonunu kolaylaştırmaktadır (3). Genel olarak, orto ve para pozisyonlarındaki OH grupları, fenoksil radikalinin molekül içi hidrojen bağları tarafından stabilizasyonu nedeniyle meta pozisyonundakilerden daha büyük indirgeyici kapasite sağlamaktadır. Hidroksil grubu içermeyen flavonoidlerin (flavon ve izoflavon gibi) radikal temizleme kapasiteleri yoktur (Ma ve Cheung, 2007; Platzer vd., 2021; Perez vd., 2023).



Şekil 13: Bir bileşiğin indirgeme gücünü etkileyen grup ve kimyasal yapısı (Perez vd., 2023).

Beklendiği gibi, flavonoller (kuersetin, kaemferol) ve flavanoller (kateşin, epikateşin, epigallokateşin) diğer flavonoidlerden daha güçlü indirgeyici özelliklere sahiptir, ardından bazı flavanonlar (naringin, hesperidin, naringenin) gelmektedir.

3. SONUÇ

Polifenoller esas olarak flavonoidler (antosiyantinler, kateşinler, flavonoller, vb.), fenolik asitler, stilbenler, lignanlar ve tanenler olmak üzere farklı antioksidan sınıfları olarak ayrılmaktadır. Yapısal özellikleri, hidrojen bağlarının sayısı ve pozisyonu serbest radikalleri temizleme yeteneği üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bitkisel kaynakların antioksidan kapasitesini tespit etmek için kimyasal analizler hızlı, basit ve sonuçlandırılması oldukça kolaydır. Ancak vücuttaki *in vivo* sindirim koşulları, polifenollerin yapılarının değişmesine neden olmaktadır ve böylece biyoyararlanımları ve antioksidan kapasiteleri farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle meyve ve sebzelerde yer alan polifenollerin antioksidan kapasitesini ölçmek için yapılan analizler sürekli olarak geliştirilmekte ve yenilenmektedir. Toplam antioksidan kapasitenin belirlenmesi için kullanılan yaygın yöntemler arasında kimyasal, hücre ve *in vivo* analizler bulunmaktadır. Bunların arasında *in vivo* çalışmalar, sindirim sürecinde polifenollerin değişimini dikkate aldıkları için gerçek

aktiviteyi daha iyi yansıtabilmektedir ve bu da vücut ortamıyla daha tutarlı sonuçların eldesini sağlamaktadır. Bu yöntemler karmaşık ve uzun süreli testler olmasına rağmen, reaksiyon mekanizmaları insan vücuduna benzerdir ve bu sonuçlar daha ikna edicidir. Bu nedenle genel olarak yapılan *in vitro* testler canlı organizmada meydana gelen antioksidan kimyasını doğru bir şekilde yansıtmamaktadır. Bu nedenle gastrointestinal sistemde antioksidanlar nereye gider, ne yapar ve nasıl parçalanırlar sorularının yanıtı daha ileri hayvan deneyi ve insan çalışmaları ile yanıtlanabilir. Son zamanlarda bu testlerin standartlaştırılmasına yönelik girişimler, antioksidan yöntemlerin güvenilirliği ve uygulamaları konusunda yeni soruların gündeme gelmesine neden olmaktadır. Bunlardan en önemlisi ise testlerin farklı yapıdaki veya karışım halindeki antioksidanların radikal süpürme yeteneğini doğru bir şekilde ortaya koyma kabiliyetidir. Gelecekteki araştırmalar mevcut yöntemlerin sınırlamalarını göz önüne alarak; hızlı, basit, doğru ve tekrarlanabilir özelliklere sahip yeni analiz yöntemlerinin geliştirilmesine açıktır. Sonuç olarak, meyve, sebze ve diğer doğal bitkisel kaynaklı ekstrelerin antioksidan kapasitesini değerlendirmek için yeni analitik yöntemlerin geliştirilmesine her zaman ihtiyaç vardır ve hala önemli araştırma alanıdır.

KAYNAKÇA

- Ácsová, A., Martiniaková, S., & Hojerová, J. (2019). Selected methods to determine antioxidant activity of hydrophilic/lipophilic substances. *Acta Chimica Slovaca*, 12(2), 200-211.
- Antolovich, M., Prenzler, P. D., Patsalides, E., McDonald, S., & Robards, K. (2002). Methods for testing antioxidant activity. *Analyst*, 127(1), 183-198.
- Augustyniak, A., Bartosz, G., Čipak, A., Duburs, G., Horáková, L. U., Łuczaj, W., & Žarković, N. (2010). Natural and synthetic antioxidants: an updated overview. *Free Radical Research*, 44(10), 1216-1262.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., & Karademir, S. E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7970-7981.
- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S. E., Bektaşoğlu, B., & Özyurt, D. (2007). Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12(7), 1496-1547.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., & Çelik, S. E. (2008). Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay. *Microchimica Acta*, 160, 413-419.
- Apak, R., Özyürek, M., Güçlü, K., & Çapanoğlu, E. (2016). Antioxidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-based assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(5), 997-1027.
- Arnao, M. B. (2000). Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. *Trends in Food Science & Technology*, 11(11), 419-421.
- Bancuta, O. R.; Chilian, A.; Bancuta, I.; Ion, R. M.; Setnescu, R.; Setnescu, T.; Gheboianu, A. (2016). Improvement of Spectrophotometric Method for Determination of Phenolic Compounds by Statistical Investigations. *Rom. J. Phys.*, 61(7-8), 1255-1264.
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Büyüktuncel, E. (2013). Toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasite tayininde kullanılan başlıca spektrofotometrik yöntemler. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 17(2), 93-103.
- Bors, W.; Heller, W.; Michel, C.; Saran, M. (1990). Radical Chemistry of Flavonoid Antioxidants. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 264, 165-170.

- Cai, Y. Z.; Sun, M.; Xing, J.; Luo, Q., & Corke, H. (2006). Structure-Radical Scavenging Activity Relationships of Phenolic Compounds from Traditional Chinese Medicinal Plants. *Life Sci.*, 78, 2872-2888.
- Çelik, S. E., Özyürek, M., Güçlü, K., & Apak, R. (2010). Solvent effects on the antioxidant capacity of lipophilic and hydrophilic antioxidants measured by CUPRAC, ABTS/persulphate and FRAP methods. *Talanta*, 81(4-5), 1300-1309.
- Danet, A. F. (2021). Recent advances in antioxidant capacity assays. IntechOpen.
- Dawidowicz, A. L., Wianowska, D., & Olszowy, M. (2012). On practical problems in estimation of antioxidant activity of compounds by DPPH method (Problems in estimation of antioxidant activity). *Food chemistry*, 131(3), 1037-1043.
- Dominguez-López, I., Pérez, M., & Lamuela-Raventós, R. M. (2024). Total (poly) phenol analysis by the Folin-Ciocalteu assay as an anti-inflammatory biomarker in biological samples. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(27), 10048-10054.
- El-Lateef, H. M. A., El-Dabea, T., Khalaf, M. M., & Abu-Dief, A. M. (2023). Recent overview of potent antioxidant activity of coordination compounds. *Antioxidants*, 12(2), 213.
- Foti, M. C., Daquino, C., & Geraci, C. (2004). Electron-transfer reaction of cinnamic acids and their methyl esters with the DPPH' radical in alcoholic solutions. *The Journal of organic chemistry*, 69(7), 2309-2314.
- Geletii, Y.V., Balavoine, G.G.A., Efimov, O.N. & Kulikova, V.S. (2002). The determination of total concentration and activity of antioxidants in foodstuffs. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 28(6), 501–514.
- Girish, Y. R., Sharath Kumar, K. S., Prashantha, K., Rangappa, S., & Sudhanva, M. S. (2023). Significance of antioxidants and methods to evaluate their potency. *Materials Chemistry Horizons*, 2(2), 93-112.
- Granato, D., Shahidi, F., Wrolstad, R., Kilmartin, P., Melton, L. D., Hidalgo, F. J., & Finglas, P. (2018). Antioxidant activity, total phenolics and flavonoids contents: Should we ban in vitro screening methods?. *Food Chemistry*, 264, 471-475.
- Jakobek, L., Drenjančević, M., Jukić, V., & Šeruga, M. (2012). Phenolic acids, flavonols, anthocyanins and antiradical activity of “Nero”, “Viking”, “Galicianka” and wild chokeberries. *Scientia Horticulturae*, 147, 56-63.
- Huang, D., Ou, B., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J. A., & Deemer, E. K. (2002). Development and validation of oxygen radical absorbance capacity assay for lipophilic antioxidants using randomly methylated β -cyclodextrin as the solubility enhancer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(7), 1815-1821.
- Huang, D., Ou, B., & Prior, R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 1841-1856.

- Karadag, A., Ozcelik, B., & Saner, S. (2009). Review of methods to determine antioxidant capacities. *Food Analytical Methods*, 2, 41-60.
- Karaman, Ş., Tütem, E., Başkan, K. S., & Apak, R. (2010). Comparison of total antioxidant capacity and phenolic composition of some apple juices with combined HPLC–CUPRAC assay. *Food Chemistry*, 120(4), 1201-1209.
- Khalil, I., Yehye, W. A., Etxeberria, A. E., Alhadi, A. A., Dezfooli, S. M., Julkapli, N. B. M., ... & Seyfoddin, A. (2019). Nanoantioxidants: Recent trends in antioxidant delivery applications. *Antioxidants*, 9(1), 24.
- Leopoldini, M., Russo, N. & Toscano, M. (2011). Doğal polifenolik antioksidanların çalışma mekanizmasının moleküler temeli. *Gıda Kimyası*, 125 (2), 288-306.
- Lafay, S., & Gil-Izquierdo, A. (2008). Bioavailability of phenolic acids. *Phytochemistry Reviews*, 7, 301-311.
- Ma, Y. T.; Cheung, P. C. K. (2007). Spectrophotometric Determination of Phenolic Compounds by Enzymatic and Chemical Methods - A Comparison of Structure-Activity Relationship. *J. Agric. Food Chem.* 55(10), 4222-4228.
- Magalhães, L. M., Segundo, M. A., Reis, S., & Lima, J. L. (2008). Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. *Analytica Chimica Acta*, 613(1), 1-19.
- Miller, N.J., Sampson, J., Candeias, L.P., Bramley, P.M. & Rice-Evans, C.A. (1996) Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. *FEBS Letters*, 384(3), 240–242.
- Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3380.
- Nilsson, J., Pillai, D., Önning, G., Persson, C., Nilsson, A., & Akesson, B. (2005). Comparison of the 2, 2'-azinobis-3-ethylbenzotiazole-6-sulfonic acid (ABTS) and ferric reducing anti-oxidant power (FRAP) methods to assess the total antioxidant capacity in extracts of fruit and vegetables. *Molecular Nutrition & Food Research*, 49(3), 239-246.
- Özyürek, M., Güçlü, K., Tütem, E., Başkan, K. S., Erçağ, E., Çelik, S. E., & Apak, R. (2011). A comprehensive review of CUPRAC methodology. *Analytical Methods*, 3(11), 2439-2453.
- Pérez, M., Dominguez-López, I., Lamuela-Raventós, R. M. (2023). The chemistry behind the folin–ciocalteu method for the estimation of (poly) phenol content in food: Total phenolic intake in a mediterranean dietary pattern. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(46), 17543-17553.
- Peyrat-Maillard, M. N., Bonnely, S., & Berset, C. (2000). Determination of the antioxidant activity of phenolic compounds by coulometric detection. *Talanta*, 51(4), 709-716.

- Pulido, R., Bravo, L., & Saura-Calixto, F. (2000). Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8), 3396-3402.
- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290-4302.
- Platzer, M.; Kiese, S.; Herfellner, T.; Schweiggert-Weisz, U.; Eisner, P. (2021). How Does the Phenol Structure Influence the Results of the Folin-Ciocalteu Assay? *Antioxidants*, 10(5), 811.
- Raposo, F., Borja, R., & Gutiérrez-González, J. A. (2024). A comprehensive and critical review of the unstandardized Folin-Ciocalteu assay to determine the total content of polyphenols: The conundrum of the experimental factors and method validation. *Talanta*, 125771.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. & Rice-Evans, C.A. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231–1237.
- Ribeiro, J.P.N.; Magalhães, L.M.; Reis, S.; Lima, J.L.F.C.; Segundo, M.A. (2011). High-throughput total cupric ion reducing antioxidant capacity of biological samples determined using flow injection analysis and microplate-based methods. *Anal. Sci.*, 27, 483.
- Robbins, R. J. (2003). Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(10), 2866-2887.
- Silvestrini, A., Meucci, E., Ricerca, B. M., & Mancini, A. (2023). Total antioxidant capacity: biochemical aspects and clinical significance. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(13), 10978.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent; Methods in Enzymology. *Methods Enzymol.*, 299, 152-178.
- Schaich, K. M., Tian, X., & Xie, J. (2015). Reprint of Hurdles and pitfalls in measuring antioxidant efficacy: A critical evaluation of ABTS, DPPH, and ORAC assays. *Journal of Functional Foods*, 18, 782-796.
- Shalaby, E. A., & Shanab, S. M. (2013). Antioxidant compounds, assays of determination and mode of action. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 7(10), 528-539.
- Sharma, O. P., & Bhat, T. K. (2009). DPPH antioxidant assay revisited. *Food Chemistry*, 113(4), 1202-1205.

- Şen, F. B., Elmas, E., Dilgin, Y., Bener, M., & Apak, R. (2024). Amperometric sensor for total antioxidant capacity measurement using Cu (II)-neocuproine/carrageenan-MWCNT/GCE. *Microchemical Journal*, 199, 110081.
- Valgimigli, L., Baschieri, A., & Amorati, R. (2018). Antioxidant activity of nanomaterials. *Journal of Materials Chemistry B*, 6(14), 2036-2051.
- Yaman, R. (2021). Phytochemical properties of some mulberry genotypes grown in Malatya province. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 31(2), 348-355.
- Yaman, R. (2022). Bazı üzümü meyve türlerinin karakteristik fitokimyasal bileşenlerinin tayini, in-vitro biyoerişebilirliğinin ve in-vivo yanık yarası iyileşmesi üzerine subakut etkilerinin araştırılması, Doktora tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye.
- Žarković, N. (2010). Natural and synthetic antioxidants: an updated overview. *Free Radical Research*, 44(10), 1216-1262.
- Zengin, R., Maraş, Z., Uğur, Y., Özhan, O., Karaat, F. E., & Erdoğan, S. (2024). Determination of Phytochemical Composition in Fruits and Leaves from Different Origins: Black Mulberry, Chokeberry and Elderberry Genotypes. *Analytical Letters*, 1-23.
- Zheng, L., Zhao, M., Xiao, C., Zhao, Q., & Su, G. (2016). Practical problems when using ABTS assay to assess the radical-scavenging activity of peptides: Importance of controlling reaction pH and time. *Food chemistry*, 192, 288-294.
- Zhong, Y., & Shahidi, F. (2015). Methods for the assessment of antioxidant activity in foods. In *Handbook of Antioxidants for Food Preservation* (pp. 287-333). Woodhead Publishing.
- Zhou, Q., Lan, W., & Xie, J. (2024). Phenolic acid-chitosan derivatives: An effective strategy to cope with food preservation problems. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127917.

BÖLÜM 2

ÜZÜMSÜ MEYVELERİN FARKLI TEKNİKLER KULLANILARAK KURUTULMASI

Doç. Dr. Ayşen Melda ÇOLAK^{1*}
Öğr. Gör. Dr. Fatma ALAN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14575989>

¹Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 64000, Uşak-Türkiye
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0113-2104>

²Ankara Üniversitesi, Kalecik MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bahçe Tarımı
Programı, 06870, Ankara-Türkiye ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5266-6339>

*sorumlu yazar: aysenmelda.colak@usak.edu.tr

1. GİRİŞ

Dünyanın her yerinde sevilerek tüketilen ve çeşitli şekillerde değerlendirilebilen bir meyve grubu olan üzüksü meyvelerin Türkiye'deki potansiyeli de önem kazanmaktadır. Türkiye coğrafi konumu ve dört mevsimin yaşandığı iklim özelliklerinden dolayı birçok meyve çeşidinin yetiştirilebildiği bir ülkedir. Üzüksü meyveler denildiği zaman daha çok çilek (*Fragaria*), ahududu ve böğürtlen (*Rubus*), dut (*Morus*), frenk üzümü ve beктаşı üzümü (*Ribes*), gilaburu (*Viburnum*), maviyemiş (*Vaccinium*), kuşburnu (*Rosa*) gibi cinsler ve bunlara bağlı türler akla gelmektedir (Ağaoğlu ve Gerçekcioğlu, 2013). Botanik olarak yarı çalı veya çalimsı bitkiler olan üzüksü meyveler yumuşak etli, küçük, sulu ve yenebilen meyveleri olan bitkiler olup, yabanileri orman ve tarla kenarlarında genellikle çit bitkisi olarak bulunmaktadır (Karaoğlu, 2017).

Sağlıklı beslenmede en önemli besin gruplarından biri olan meyveler, özellikle antioksidan açısından zenginliğiyle dikkat çeker. Bu grupta öne çıkan mor, mavi ve kırmızı renklere sahip üzüksü meyveler, içeriklerindeki antosiyaninlerle sağlığa birçok fayda sunar. Kendine özgü tat, doku, aroma ve yapılarıyla dikkat çeken bu meyveler, taze ya da işlenmiş formda yaygın olarak meyve suları, konsantreler, reçeller, marmelatlar gibi ürünlerde veya fonksiyonel gıdaların bir bileşeni olarak tüketilmektedir (Kırmızıkuşak, 2023; Skrede vd., 2010). Tüketicilerin, bu küçük ve renkli meyvelerin sağlığa sunduğu faydaların farkına varmasıyla birlikte, dünya genelinde bu ürünlere olan talep ve fiyatlarda artış yaşanmıştır (Er, 2023). Bu meyveler, antioksidanların zengin bir kaynağıdır (Benvenuti vd., 2004) ve temel olarak C vitamini, antosiyaninler, fenolik asitler, flavanoller, flavonoller ve tanin gibi polifenollerle öne çıkmaktadır. Antioksidan konsantrasyonlarının yüksek olması nedeniyle doğal antioksidanlar olarak bilinen bu meyveler, giderek artan bir şekilde doğal fonksiyonel gıdalar kategorisinde ele alınmaktadır. Günlük beslenmede önemli bir yer tutan bu meyveler, insan metabolizmasını destekleyen ve hastalıkların önlenmesinde faydalı olabilen biyoaktif bileşenler açısından oldukça zengindir (Bayrakdar, 2020).

Biyoaktif bileşenler, hayvansal, bitkisel veya deniz ürünlerinde doğal olarak bulunan ve tüketici tarafından arzu edilen sağlık ile zindeliği destekleyebilen kimyasal maddeler olarak tanımlanmaktadır. Son yıllarda

sağlıklı beslenme bilincinin artmasıyla birlikte tüketicilerin gıdalardan beklentileri değişmiş; besin ögesi ihtiyaçlarının tam ve dengeli bir şekilde karşılanması ile sağlık üzerinde olumlu etkileri nedeniyle biyoaktif bileşenlere olan ilgi önemli ölçüde artmıştır (Häkkinen vd., 2000; Koponen vd., 2007; Şavikin vd., 2009; Đorđević vd., 2010).

Türkiye, coğrafi konumu ve iklim özellikleri açısından üzümü meyvelerin ekolojik gereksinimlerine uygun bir ülke olduğundan, birçok bölgede bu meyvelerin yabani formlarına rastlamak mümkündür. İnsanlık tarihi kadar eski olan bu yabani üzümü meyveler, hem doğada kendiliğinden yetismekte hem de kültürü yapılmaktadır. Üzümü meyve türleri, ülkelere göre çeşitlilik göstermekte olup, bazı türlerin ekonomik değeri oldukça yüksek ve ticari açıdan büyük öneme sahiptir.

1960'lı yıllarda çilek üretimiyle başlayan üzümü meyve yetiştiriciliği, yüksek su içeriklerinden dolayı pazarlama sorunları nedeniyle bir dönem duraksamıştır (Engin ve Boz, 2019). Hasat edilen meyvelerde canlılık faaliyetlerinin kontrol edilememesi, büyük ölçüde çürümelere yol açarak önemli kayıplara neden olmaktadır (Öz ve Süfer, 2012). Hasattan tüketiciye ulaşana kadar, besin değeri, tat, koku ve tekstürel özelliklerde meydana gelen değişimler ürün kayıplarını artırmaktadır. Bu durum, biyoaktif bileşenlerde kayıplara neden olarak üretici firmalara maddi zarar verirken, ithalat ve ihracatın önüne geçmektedir.

Taze olarak tüketilen üzümü meyveler, kısa depolama ve tüketim süresine sahip gıdalar arasında yer alır. Ancak, bilimin ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte tüketiciler, insan sağlığına faydalı gıdalara daha fazla ilgi göstermeye başlamış ve yapılan araştırmalar, üzümü meyvelerde bulunan biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerinde yüksek düzeyde fayda sağladığını ortaya koymuştur (Bayrakdar, 2020). Taze meyvelerin raf ömrünü uzatmak, depolama sırasında besin değerleri ve kalite özelliklerini korumak, dayanıklılıklarını arttırmak için farklı koruma işlemlerinden olan kurutma teknikleri kullanılmaya başlanılmıştır (Horszwald vd., 2013; Calín-Sánchez vd., 2014).

2. ÜZÜMSÜ MEYVELERİN KURUTULMASINDA KULLANILAN KURUTMA YÖNTEMLERİ

Eş zamanlı kütle ve ısı transferine bağlı olan materyal içerisindeki nemin azaltılması işlemine kurutma denilmektedir (Ertekin ve Yıldız, 2004). Ayrıca gıdaların nem içeriklerinin düşürülüp daha uzun süre muhafaza edilmelerini sağlamak amacıyla kullanılan bir yöntem olarak da ifade edilmektedir. İnsanın ilk yıllarından günümüze kadar gıdaları muhafaza etmek, daha uzun süre saklamak amacıyla kurutma işlemleri yapılmakta ve bu kurutma işlemleri ile gıdaların su aktiviteleri belli bir değer altına düşürülerek mikrobiyolojik, enzimatik, kimyasal bozulmaların önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Bu yöntem sayesinde gıdalar uzun süre bozulmadan kalabilmekte ve gıdaların raf ömürleri uzamaktadır. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen gıdalar, kuru gıda olarak tüketilebilmekte ve gıda endüstrisinde ham madde olarak da kullanılabilir (Başunal, 2016).

Hasat sonrası taze meyveler, bünyesinde bulunan yoğun nem miktarı ve hassas dokuları sebebiyle çürüme eğilimine girmeleri sonucunda fiziksel ve biyokimyasal özelliklerinde bazı kayıplar meydana gelmektedir. Bu kalite kayıplarını önlemek için ısı işlem uygulaması ile muhafaza, soğuk uygulama ile muhafaza, kurularak muhafaza, koruyucu maddelerle muhafaza, fermantasyon, kontrollü atmosferde depolama, modifiye atmosferde depolama gibi çeşitli muhafaza yöntemleri uygulanmaktadır (Alibaş, 2012; Darıcı ve Şen, 2012; Calín-Sánchez vd., 2012; Morad vd., 2017; Adeleye vd., 2020). Hasat sonrası meyve ve sebzelerin kalitesini korumak, çürüme ve kimyasal bozulmaların önüne geçebilmek ve daha uzun raf ömrü sağlayabilmek için kullanılan en uygun muhafaza tekniği kurutma yöntemidir (Nguyen vd., 2018; Sarıgök, 2019).

Üzüm meyveler, taze olarak tüketildiklerinde kısa bir depolama ve tüketim süresine sahiptir. Bu nedenle, meyve koruma yöntemlerinden biri olan kurutma tekniği, hem en eski hem de en ekonomik ve yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Dehidrasyon tekniğine dayanan bu yöntem, kurutma işleminde minimum ısı ve kütle aktarımı ile üründen suyun uzaklaştırılmasını sağlar. Böylece kurutulmuş meyveler, uzun süre fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan bozulmadan saklanabilmektedir.

Kurutma işlemi ile su aktivitesi düşürülerek mikroorganizmaların büyümesi durdurulmakta, enzim aktiviteleri azaltılarak kimyasal bozulmalar önlenmekte ve meyvelerin hacmi küçültülmektedir. Bu durum, ürünlerin yeni pazarlara dağıtımı, taşınması ve depolanmasında önemli ölçüde verimlilik sağlamaktadır (Horszwald vd., 2013; Calín-Sánchez vd., 2014).

Üzümü meyvelerin bünyesindeki fazla nemin uzaklaştırılması için farklı kurutma yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemler, genellikle iletim, taşınım ve ışıyım (radyasyon) tekniklerine dayanır. Geçmişten günümüze, bu kurutma süreçleri çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Bunlar arasında güneşte ve gölgede yapılan kurutma, mikrodalga kurutma, konvektif (sıcak hava ile) kurutma, dondurarak kurutma, sprey kurutma, vakumlu kurutma, kızılötesi kurutma, ozmotik kurutma, köpük kurutma, puf kurutma, elektrohüdrodinamik kurutma ve hibrit kurutma yöntemleri yer almaktadır. Her bir yöntem, farklı fiziksel prensiplere dayanarak meyvelerin nem içeriğini düşürürken, kaliteyi ve besin değerlerini koruma amaçlar (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003; Gürel vd., 2016; Top vd., 2019; Liu vd., 2019; Dehghannya vd., 2019).

Kurutma yöntemleri, doğal ve yapay olmak üzere iki ana gruba ayrılır (Cemeroğlu, 1986). Doğal kurutma yöntemleri ise güneşte ve gölgede kurutma olmak üzere iki şekilde sınıflandırılır. İnsanlık tarihinin en eski kurutma yöntemlerinden biri olan bu teknik, kurutma süresince herhangi bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulmaması ve düşük maliyetli olması gibi önemli avantajlar sunar. Bununla birlikte, doğal kurutma yönteminin çeşitli dezavantajları da bulunmaktadır. Ürünlerin kuruması uzun zaman alırken, geniş alanlara ihtiyaç duyulması ve yüksek iş gücü gereksinimi süreci zorlaştırmaktadır. Ayrıca, kurutma sırasında ürünlerde küflenme riski artmakta, sürecin uzamasıyla birlikte önemli kalite kayıpları yaşanabilmektedir. Bunun yanı sıra, ürünlerin toz, toprak, böcek, kuş ve kemiriciler gibi çevresel kirleticilere maruz kalması da bu yöntemin önemli sorunları arasında yer almaktadır. Tüm bu olumsuzluklardan dolayı gölgede kurutma, gıdalar için uygun ve yeterli bir yöntem olarak değerlendirilmemektedir (Alibaş vd., 2021; Taşova vd., 2019; Doğu ve Sarıçoban, 2015; Liu vd., 2019; Turan ve İslam, 2019; Srinivasa Reddy, 2020; Waswaa vd., 2021).

Gıda sanayinde yapay kurutma yöntemleri arasında konvansiyonel hava ile kurutmanın yanı sıra vakum kurutma, en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Son yıllarda ise dondurarak kurutma yöntemi, giderek daha fazla yaygınlaşmıştır. Bu yöntem, donmuş gıdalardaki suyun süblimleşmesi ve dehidrasyonu yoluyla uzaklaştırılması esasına dayanır. Dondurarak kurutma, işlem maliyetinin yüksek olmasına rağmen, elde edilen ürünlerin üstün kalite özellikleri sunması nedeniyle gıda sanayinde önemli bir yere sahiptir. Bu yöntemle kurutulan ürünler, besin değeri, renk, tat ve aroma açısından minimum kayıpla işlenmekte, bu da tüketici taleplerini karşılamada önemli bir avantaj sağlamaktadır. Dolayısıyla, gıda endüstrisinde yüksek kalite gereksinimleri olan ürünlerin işlenmesinde, dondurarak kurutma yöntemi günümüzde giderek daha fazla tercih edilmektedir (Marques vd., 2009).

Gelişen teknoloji ile üzüm sü meyvelerin kurutulmasında doğal kurutma yöntemlerinin yerini daha yenilikçi yöntemler almaya başlamıştır. Bu meyvelerin kurutulmasında yararlanılan yapay kurutma yöntemlerinden sıcak hava ile kurutma, güneşte kurutmaya alternatif olarak geliştirilmiş bir yöntemdir. Başlangıç maliyetinin düşük olması ve kullanım kolaylığı sunması nedeniyle, üzüm sü meyvelerin kurutulmasında sıcak hava ile kurutma yöntemi sıkça tercih edilen bir tekniktir. Özellikle bağıl nemin yüksek olduğu bölgelerde, bu yöntem etkili bir çözüm sunar.

Sıcak hava ile kurutma yöntemi, kurutma cihazına alınan havanın ısıtılması ve bir fan yardımıyla kurutma kabinde dolaştırılması esasına dayanır. Bu süreçte, ısıtılan hava, kurutulacak meyvelerin dış katmanlarından başlayarak iç katmanlarına doğru yavaşça nüfuz eder. Böylece, meyvelerin dış tabakasından iç tabakalarına kadar aşamalı bir kuruma sağlanır. Bu yöntem, hem etkin hem de kontrollü bir kurutma süreci sunarak meyve kurutma işlemlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Çetin, 2019; Demir vd., 2019; Liu vd., 2019). Kaveh vd. (2021), nar tanelerini farklı sıcaklıklarda hem sıcak hava hem de mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutarak, en yüksek özgül enerji tüketiminin sıcak hava yöntemiyle elde edildiğini, buna karşılık en düşük özgül enerji tüketiminin mikrodalga kurutma yöntemiyle sağlandığını belirtmişlerdir.

Bustos vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada ise böğürtlen, ahududu, siyah ve kırmızı frenk üzümü meyveleri sıcak hava ve dondurarak kurutma yöntemleriyle kurutulmuştur. Araştırmada, sıcak hava kurutma yönteminde sıcaklık azaltıldığında renk kayıplarının arttığı ve kurutma süresinin uzadığı, buna karşın dondurarak kurutulan ürünlerde renk parametrelerinin daha iyi korunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Demir vd. (2019), kızılçık tanelerini farklı sıcaklıklarda konvektif kurutucuda kurutarak, bu süreçte ürünlerde renk kayıplarının arttığını ve kararmaların meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Polatoğlu ve Beşe (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, kızılçık meyveleri 50, 60 ve 70°C'de kurutulmuş ve en fazla C vitamini kaybının 50°C'de gerçekleştiği bildirilmiştir. Koca vd. (2009), kuşburnu meyvesini 50, 60 ve 70°C'de sıcak hava yöntemiyle kurutarak, kurutma sıcaklığının düşmesiyle birlikte kurutma süresi ve enerji tüketiminin arttığını ortaya koymuşlardır. Kowalski vd. (2016), çileğin sıcak hava, mikrodalga ve kombine konvektif-mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutulması üzerine yaptıkları çalışmada, özgül enerji tüketiminin en yüksek olduğu yöntemin sıcak hava ile kurutma olduğunu ve bu değer için kullanılan sıcaklığa bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir.

Goji berry (*Lycium barbarum* L.) meyvelerinin sıcak hava yöntemiyle kurutularak ürünlerin mineral içeriğinin değerlendirildiği bir çalışmada, kurutulmuş meyvelerdeki K, P, Cu, Fe, Mn ve Zn miktarlarının taze meyveye kıyasla daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Niro vd., 2017).

Dağ çileği (*Arbutus unedo* L.) üzerinde yürütülen bir çalışmada, kuruma kinetiği ve kalite özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, başlangıç nem içeriği 2.299 ± 0.011 kg su/kg seviyesindeyken, -50°C'deki liyofilizatör ile kurutulan örneklerde bu değer 0.160 ± 0.001 kg su/kg, 60°C'de ise 0.156 ± 0.001 kg su/kg kuru maddeye düşmüştür. Ayrıca, dağ çileğinin C vitamini, fenolik madde içeriği ve toplam antioksidan aktivite değerleri kuruma işlemiyle azalmış olsa da, liyofilizatör yöntemiyle kurutulan örneklerin, tepsili kurutucuda kurutulanlara kıyasla daha yüksek C vitamini, fenolik madde içeriği ve toplam antioksidan aktivite değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çakmak vd., 2016).

Aktaş vd. (2013), koca yemiş meyvesi üzerinde kurutmanın etkilerini incelemiş ve kurutma öncesi örneklere etil oleat çözeltilisine daldırma ve 80°C

sıcak suda haşlama gibi ön işlemler uygulamışlardır. İki farklı kurutma yöntemi olarak konveksiyonel ve vakum kurutma işlemleri değerlendirilmiştir. Araştırmada, kurutmanın meyvenin kuruma karakteristikleri ve renk özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve 60°C’de sıcak hava ile kurutmanın en uygun yöntem olduğu önerilmiştir.

Kivi dilimlerine ön işlem olarak ultrases destekli vakum impregnasyon uygulayarak kuruma karakteristiklerini inceleyen bir çalışmada, kütle aktarımının etkili olduğu ancak kuruma karakteristikleri açısından aynı etkinin gözlenmediği tespit edilmiştir (Karacaoğlu vd., 2016).

Çam ve Ersus (2008), çilek örneklerini dondurarak kurutma yöntemiyle işleyerek antioksidan ve toplam fenolik madde içeriklerini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, -40°C’de kurutulan çilek örneklerinin toplam kuru madde içeriği %94.60, toplam fenolik madde içeriği ise 1195.5 ± 9.4 mg/100 g olarak ölçülmüştür. Ayrıca, antioksidan kapasite ölçümlerine göre EC50 değeri 8.62 ± 0.59 g örnek / g DPPH olarak tespit edilmiştir.

Çileğin ultrases destekli sıcak hava ile kurutulması sırasında su difüzyon katsayısı ve kütle transferi katsayılarında anlamlı bir artış gözlenmiş ve bu artışın, yükselen kurutma sıcaklıklarında azaldığı, ayrıca ultrases uygulamasıyla farklı kurutma sıcaklıklarında toplam kuruma süresinin %13 ile %44 arasında azaldığı bildirilmiştir (Gamboa-Santos vd., 2014).

Dondurularak kurutma öncesinde uygulanan ultrases ön işleminin çileğin renk özellikleri üzerine etkisini inceleyen bir çalışmada ise ultrases ön işlemine tabi tutulmuş çilek örneklerinin L ve h değerlerinin taze ve ön işleme tabi tutulmamış örneklere göre daha yüksek, ultrases uygulanan örneklerin ise kontrol örneklerine kıyasla daha kırmızısı ve parlak renge sahip oldukları tespit edilmiştir (Garcia-Noguera vd., 2014).

Karadut meyvesinin dondurarak kurutma, konvektif kurutma ve bu yöntemlerin puf kurutma ile kombinasyonlarıyla kurutulmasını inceleyen bir araştırmada ise, siyanidin-3-glukozit, tat, renk ve tekstürün en iyi şekilde korunduğu yöntemin, dondurarak kurutma ile puf kurutma kombinasyonu olduğu belirtilmiştir (Chen vd., 2017).

Maviyemiş meyveleri konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemleri ile bu yöntemlerin kombinasyonları kullanarak kurutulmuş, en kısa kurutma süresi ve en düşük enerji tüketimi kombine yöntemde, en uzun kurutma süresinin ve en yüksek enerji tüketiminin ise konvektif kurutma yönteminde elde edildiği gözlenmiştir (Zia ve Alibaş, 2021).

Kızılıçık meyvelerinin mikrodalga ve basınç uygulamalarının kombinasyonlarıyla kurutulmasının incelendiği bir çalışmada mikrodalga çıkış gücü ve basınç seviyesinin artırılmasının kurutma süresini kısalttığı tespit edilmiştir (Sunjka vd., 2008).

Kivi dilimlerinin büzülme, rehidrasyon kapasitesi ve nem içeriği üzerine ozmotik kurutma ve sıcak hava ile kurutma koşullarının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise, farklı sıcaklıklarda ve farklı konsantrasyonlardaki ozmotik çözeltiye batırılarak belirli saatler boyunca kurutulan kivi dilimlerinde, kurutma süresi ve sıcaklık artışının rehidrasyon kapasitesi ile nem içeriğinin azalmasına, buna karşılık büzülmenin artmasına neden olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, en düşük askorbik asit kaybının %31 ve %40 ozmotik çözelti konsantrasyonlarında, 40°C'deki ozmotik işlem sonrasında 70°C'de 5 saat boyunca kurutulmuş örneklerde gerçekleştiği belirtilmiştir (Fathi vd., 2011). Kivi meyvesinin ozmotik dehidrasyon mekanizması üzerine yapılan bir başka çalışmada ise, ozmotik yolla kurutulan örneklerin rehidrasyon kapasitesinin kontrol örneklerine göre daha düşük olduğu ifade edilmiştir (Kıroğlu, 2002). Sakkaroz çözeltisinde uygulanan ozmotik kurutmanın kividaki yapısal ve fizikokimyasal değişimlere etkileri incelenmiş ve kividaki suyun iç kısımlardan dışarı çıktığı, sakkarozun ise meyvenin dış kısmında ve damarlı yapısında depolandığı tespit edilmiştir (Tylewicz vd., 2011)

Sıcak hava kurutma, mikrodalga kurutma ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonu ile kurutma yöntemlerini karşılaştıran bir çalışmada, mikrodalga enerjisinin kuruma hızını artırdığı rapor edilmiştir. Mikrodalgada kurutulan kivi dilimlerinin, diğer yöntemlere göre daha düşük rehidrasyon kapasitesine sahip olduğu, suyu daha hızlı absorbe ettiği ve sıcak hava kurutmaya göre kurutma süresini %89 oranında azalttığı belirtilmiştir. Ayrıca, sıcak hava-mikrodalga kombinasyonunun kurutma süresini %40 oranında azalttığı kaydedilmiştir (Maskan, 2001).

Altın çilek meyvesinin konvektif mikrodalga fırında, yalnız sıcak hava, yalnız mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonu kullanılarak kurutulmasıyla, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonunun kurutma hızını önemli ölçüde artırdığı, renk ve toplam fenol içeriğinde ise sıcak hava ile kurutmaya kıyasla fark yaratmadığı tespit edilmiştir (İzli vd., 2014).

Mikrodalga destekli vakum kurutma tekniği ile kurutulan turna yemişi meyvelerinin renk değişimi ve su aktivitesinin sıcak hava ile kurutulanlarla karşılaştırılması sonucu, vakum destekli mikrodalga ile kurutulmuş turna yemişi meyvelerinin renklerinin, sıcak hava ile kurutulanlara göre daha kırmızı olduğu ve daha yumuşak bir yapıya sahip oldukları saptanmıştır (Yongsawatdigul ve Gunasekaran, 1996).

Mikrodalga destekli vakum kurutma tekniği ile kurutulan maviyemiş, sıcak hava ile kurutulanlara göre daha yüksek oranda polifenol içeriğine ve antioksidan aktivitesine sahip olmuştur (Mejia-Meza vd., 2008).

Venkatachalapathy ve Raghavan (1999), ozmotik olarak kurutulan çilek örneklerini geleneksel sıcak hava ile kurutma, mikrodalga ile kurutma ve dondurarak kurutma işlemlerine tabi tutmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, mikrodalga gücünün arttıkça rehidrasyon oranının da arttığı ve mikrodalgada kurutmanın, dondurarak kurutma ile karşılaştırıldığında benzer veya daha iyi rehidrasyon özelliği gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca, mikrodalga ile kurutulan örneklerin, dondurularak kurutulmuş örneklere göre daha yumuşak ve koyu renkli olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, ozmotik kurutma ve mikrodalga kurutma kombinasyonunun çilek kurutmada dondurarak kurutmaya alternatif olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Çileklerin vakumlu dondurarak kurutma öncesinde, farklı frekans modlarında ultrasonik destekli ozmotik ön işlemin çilek dilimlerinin nem ve kalite özellikleri üzerindeki etkileri bir çalışmada araştırılmıştır. Sonuçlara göre, farklı frekans modlarına sahip ultrasonik ön işlem, çilek dilimlerinin kurutma sürecini ve kalite özelliklerini önemli ölçüde etkilemiş ve her türlü ultrasonik frekans, kuruma süresini önemli ölçüde kısaltmıştır. Ayrıca, ultrasonik işlem çilek dilimlerinin nem durumunu ve mikro yapısını değiştirerek kuruma süresini büyük ölçüde azaltmış ve ultrasonik ile ışınlanan dondurularak kurutulmuş çilek dilimlerinin rehidrasyon kapasitesinin, sertliğinin ve tadının iyileştiği rapor edilmiştir (Xu vd., 2021).

Kızılötesi güç, kurutma havası sıcaklığı ve hızı gibi farklı kurutma koşullarının çilek kalitesi üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, artan kızılötesi gücü, hava sıcaklığını ve hızını artırmanın kuruma süresini kısaltmakla birlikte, bu faktörlerin meyve renk kalite indeksini olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca, toplam fenol ve antosiyanin içeriği çalışma koşullarına göre yüksek bulunmuştur. Sonuçlar, yüksek besin kalitesi ve biyoaktiviteyi sağlamak amacıyla konvektif-kızılötesi kurutma sisteminin tercih edilebileceğini ve aynı zamanda kızılötesi gücün, sıcaklığın ve hızın düşürülmesinin meyve rengi açısından daha uygun olabileceğini göstermektedir (Adak vd., 2017).

Çileklerin termal kurutma işlemi sırasında, antioksidan aktivite ve fenolik madde gibi biyoaktif bileşenler üzerindeki etkilerinin incelendiği bir araştırmada, bu işlem sonucu çileklerde antioksidan aktivite ve fenolik madde içeriğinde yüksek oranlarda kayıplar yaşandığı tespit edilmiştir (Méndez-Lagunas vd., 2017).

Mikrodalga ve ultrasonik enerjilerinin birlikte veya ayrı ayrı kullanılarak çileklerin konvektif kurutulmasını araştıran bir çalışmada, beş farklı kurutma programı uygulanmıştır. Bu çalışmada mikrodalgalar ve ultrasonik destekli konvektif kurutmanın çileklerde ısı ve kütle transferinin etkinliğini önemli ölçüde düzenlediği belirtilmiştir. Ayrıca mikrodalga ve ultrasoniğin farklı enerji kaynakları olarak enerji tüketimini ve ürün kalitesini farklı şekillerde etkilediği, mikrodalgaların en fazla "ısıtma etkisi" yarattığı ve ultrasoniğin ise "titreşim etkisi" ortaya çıkardığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, her iki enerji kaynağının birlikte hareket etmesinin "sinerjistik etki" nedeniyle kuruma hızını hızlandırdığı sonucuna varılmıştır (Szadzinska vd., 2016).

Çilek meyvesinin güneşte kurutma yöntemi ile kurutulması için çilekler, farklı ön işlemlerden geçirildikten sonra, güneş enerjisi ile ısıtılan hava ve elektrikli fanla kurutulmuştur. Bu işlem, Newton modeli ile test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Mısır'ın hava koşullarında başarılı bir şekilde test edilen bu yöntem, kurutma havasını ısıtmak için güneş kolektörünün performansının olumlu sonuçlar verdiğini ve ortam sıcaklığının çilek kurutma için yeterli olduğunu göstermiştir. Ayrıca, ön işlem ve dilimlemenin çileğin kimyasal bileşimini etkilemediği tespit edilmiştir (El-Beltagy vd., 2005).

3. SONUÇ

Günümüzde gıda sektöründe, daha sağlıklı ve besleyici alternatif bir atıştırılabilirlik üretmek, gıda israfını azaltmak, araziden, sudan, enerjiden tasarruf etmek amacıyla farklı yöntemlerin geliştirmesi gerekmektedir.

Üzüm meyvelerinin kurutulmasında yararlanılan kurutma yöntemleri literatür bilgileri doğrultusunda incelendiğinde en eski kurutma yöntemleri olan güneşte ve gölgede kurutma, kurutma süresini uzatmasının yanı sıra meyvelerde bir takım deformasyon ve kalite kayıplarına sebep olmasından dolayı bu kurutma yöntemlerinin yerini güncel kurutma yöntemleri almaya başlamıştır.

Üzüm meyvelerinin kurutulmasında hem kurutma süresi hem de ürün kalitesi açısından sıcak hava, mikrodalga, vakumlu, ozmotik, dondurarak, kızılötesi, sprey, köpük ve hibrit gibi kurutma yöntemlerinin güneşte ve gölgede kurutmaya alternatif kurutma yöntemleri olduğu söylenebilir. Üzüm meyvelerinin kurutulmasında güneşte ve gölgede kurutmaya alternatif olarak geliştirilmiş en ekonomik ve yaygın kullanılan kurutma yönteminin konvektif kurutma yöntemi olduğu ve bu yöntemin özellikle bağıl nemin yüksek olduğu yerlerde kurutma süresini uzattığı ve buna bağlı olarak da enerji tüketiminin fazla olduğu, düşük sıcaklıklarda uzun süre sıcak hava etkisinde kalan ürünlerde kalite kayıplarının meydana geldiği bilinmektedir. Bu dezavantajlarından dolayı konvektif kurutma yöntemine alternatif olabilecek birçok kurutma yöntemi geliştirilmiştir. Kurutma süresi ve enerji tüketimi açısından faydalı olan mikrodalga ve vakumlu kurutma yöntemleri, aynı zamanda kurutma materyallerinin kalite parametrelerinin optimum düzeyde korunmasını sağlar. Bu yöntemler, besin içeriğinin çok daha iyi korunmasına olanak tanıdığı için dondurarak kurutma yöntemine tercih edilmektedir.

Tüm bunlar dikkate alındığında ilerleyen yıllarda kurutma yöntemlerinin birbiri ile kombine edilerek kullanılması kurutma süresi, enerji tüketimi ve ürünlerin kalite parametreleri açısından avantaj sağlayacak, kaliteli ve temiz ürünler elde edilmiş olacaktır. Üzüm meyvelerinin kurutulmasında geleneksel yöntemler ile farklı tekniklerin kombinasyonlarının uygulanmasının ürün kalitesi, üretim maliyeti, enerji verimliliği, doğrudan ve dolaylı çevresel etkileri üzerine çalışmaların devam edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Adak, N., Heybeli, N., & Ertekin, C. (2017). Infrared drying of strawberry. *Food Chemistry*, 219, 109-116.
- Adeleye, S. A., Salami, J., Oluwaleye, I. O., Oni, T. O., Akindele, D. O., & Olukayode, N. E. (2020). Evaluation of the convective drying of banana. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 2(8), 1017-1026.
- Ağaoğlu, S., & Gerçekcioğlu, R. (2013). Üzümsü Meyveler. Tomurcukbağ Ltd. Şti. Eğitim.
- Aktaş, M., & Kara, M. Ç. (2013). Güneş enerjisi ve ısı pompalı kurutucuda dilimlenmiş kivi kurutulması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(4), 733-741.
- Alibaş, İ. (2012). Asma yaprağının (*Vitis vinifera L.*) mikrodalga enerjisiyle kurutulması ve bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18(1), 43-53.
- Alibaş, İ., Yılmaz, A., & Günaydın, S. (2021). Kurutma yöntemlerinin deveci armudunun kurutma kinetiği ve renk parametreleri üzerine etkisi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(5), 897-908.
- Alibaş, I., Yılmaz, A., Aşık, B. B., & Erdoğan, H. (2021). Influence of drying methods on the nutrients, protein content and vitamin profile of basil leaves. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96, 103758. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103758>
- Başunal, H. (2016). Dilimlenerek dondurulan kırmızıbiberin bazı fiziksel ve kimyasal kalite özellikleri üzerin ön işlem olarak uygulanan ozmotik kurutmanın etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Bayrakdar, M. G. (2020). Fonksiyonel meyve cipsinin fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M., & Bertelli, D. (2004). Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of Rubus, Ribes, and Aronia. *Journal of Food Science*, 69(4), FCT164–FCT169.
- Bustos, M. C., Rocha-Parra, D., Sampedro, I., Pascual-Teresa, S., & Leon, A. E. (2018). The influence of different air-drying conditions on bioactive compounds and antioxidant activity of berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66, 2714-2723.
- Calín-Sánchez, Á., Figiel, A., Hernández, F., Melgarejo, P., Lech, K., & Carbonell-Barrachina, Á. (2012). Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory

- quality of pomegranate (*Punica granatum L.*) arils and rind as affected by drying method. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1644–1654.
- Calín-Sánchez, Á., Kharaghani, A., Lech, K., Figiel, A., & Carbonell-Barrachina, A. A. (2014). Drying kinetics and microstructural and sensory properties of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) as affected by drying method. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 63-74.
- Cemeroğlu, B., & Acar, J. (1986). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:6, Ankara.
- Chen, Q., Li, Z., Bi, J., Zhou, L., Yi, J., & Wu, X. (2017). Effect of hybrid drying methods on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of dried black mulberry. *LWT-Food Science and Technology*, 80, 178-184.
- Çakmak, H., Bozdoğan, N., Turkut, G. M., Kumcuoğlu, S., & Tavman, Ş. (2016). Dağ çileğinin (*Arbutus unedo L.*) kuruma kinetiğinin incelenmesi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Gıda*, 41(4), 227-234.
- Çam, M., & Ersus, S. (2008). Dondurularak kurutulmuş çilek meyvesinin toplam fenolik madde içeriğinin ve antioksidan kapasitesinin belirlenmesi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, Erzurum.
- Çetin, N. (2019). Kurutma koşullarının elma ve portakalda renk özelliklerine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 463-470.
- Darıcı, S., & Şen, S. (2012). Kivi meyvesinin kurutulmasında kurutma havası hızının kurumaya etkisinin incelenmesi. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 13-16 Nisan, İzmir.
- Dehghannya, J., Pourahmad, M., Ghanbarzadeh, B., & Ghaffari, H. (2019). Heat and mass transfer enhancement during foam-mat drying process of lime juice: Impact of convective hot air temperature. *International Journal of Thermal Sciences*, 135, 30-43.
- Demir, H. U., Atalay, D., & Erge, H. S. (2019). Kinetics of the changes in bio-active compounds, antioxidant capacity and color of cornelian cherries dried at different temperatures. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13, 2032-2040.
- Doğu, Ö., & Sariçoban, C. (2015). Et kurutma teknolojisi ve dünyada tüketilen bazı kurutulmuş et ürünleri. *Gıda ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(3), 109-123.
- Đorđević, B., Šavikin, K., Zdunić, G., Janković, T., Vulić, T., Oparnica, Č., & Radivojević, D. (2010). Biochemical properties of red currant varieties in relation to storage. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65, 326–332.
- El-Beltagy, A., Gamea, G., & Amer Essa, A. (2007). Solar drying characteristics of strawberry. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 456-464.

- Engin, S. P., & Boz, Y. (2019). Ülkemiz üzümü meyve yetiştiriciliğinde son gelişmeler. *UAZİMDER Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 108-115.
- Er, S. (2023). Bursa ilinde üzümü meyveler ekonomisi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, 80.
- Ertekin, C., & Yıldız, O. (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63(3), 349-359.
- Fathi, M., Mohebbi, M., & Razavi, S. M. A. (2011). Effect of osmotic dehydration and air drying on physicochemical properties of dried kiwifruit and modeling of dehydration process using neural network and genetic algorithm. *Food Bioprocess Technology*, 4, 1519-1526.
- Gamboa-Santos, J., Montilla, A., Cárcel, J. A., Villamiel, M., & Garcia Perez, J. V. (2014). Air-borne ultrasound application in the convective drying of strawberry. *Journal of Food Engineering*, 128, 132-139.
- Garcia-Noguera, J., Oliveira, F. I. P., Weller, C. L., Rodrigues, S., & Fernandes, F. A. N. (2014). Effect of ultrasonic and osmotic dehydration pre-treatments on the colour of freeze dried strawberries. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 2222-2227.
- Gürel, A. E., Ceylan, İ., & Aktaş, M. (2016). Meyve ve sebzelerin kurutma parametrelerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(4), 267-273.
- Häkkinen, S. H., Kärenlampi, S. O., Mykkänen, H. M., Heinonen, I. M., & Törrönen, A. R. (2000). Ellagic acid content in berries: Influence of domestic processing and storage. *European Food Research and Technology*, 212, 75-80.
- Horszwald, A., Julien, H., & Andlauer, W. (2013). Characterisation of aronia powders obtained by different drying processes. *Food Chemistry*, 141(3), 2858-2863.
- İzli, N., Yıldız, G., Ünal, H., Işık, E., & Uylaşer, V. (2014). Effect of different drying methods on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of Goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 49(1), 9-17.
- Karacaoğlu, C., Gürsoy, O., & Yılmaz, Y. (2016). Ultrasonikasyon destekli vakum impregnasyon (emdirme) tekniği ile muamele işleminin kivi dilimlerinin kuruma kinetiği üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 14(3), 256-266.
- Karaoğlu, F. (2017). Üzümü Meyveler, Bahçe Bitkileri. <http://bahcebitkilerim.blogspot.com.tr/2013/07/uzumsumeyveler.html> (E.T. 18.06.2019).
- Kaveh, M., Golpour, J., Ghafouri, S., & Guine, R. (2021). Determination of drying kinetics, specific energy consumption, shrinkage and color properties of

- pomegranate arils submitted to microwave and convective drying. *Open Agriculture*, 6(1), 230-242.
- Kırmızıkuşak, D. (2023). A functional food: Grape fruits. *Food: Grape Fruits, KİÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 34-44.
- Kıroğlu, F. (2002). Kivi meyvesinin ozmotik dehidrasyon ve sıcak hava ile kurutulması. (Unpublished master's thesis). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 88s.
- Koca, I., Üstün, N. S., & Koyuncu, T. (2009). Effect of drying conditions on antioxidant properties of rosehip fruits (*Rosa canina* sp.). *Asian Journal of Chemistry*, 21(2), 1061-1068.
- Koponen, J. M., Happonen, A. M., Mattila, P. H., & Törrönen, A. R. (2007). Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 1612-1619.
- Kowalski, S. J., Stasiak, M., & Szadzin, J. (2016). Microwave and ultrasound enhancement of convective drying of strawberries: Experimental and modeling efficiency. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 103, 1065-1074.
- Liu, H., Liu, J., Lv, Z., Yang, W., Zhang, C., Chen, D., & Jiao, Z. (2019). Effect of dehydration techniques on bioactive compounds in hawthorn slices and their correlations with antioxidant properties. *Journal of Food Science and Technology*, 56(5), 2446-2457.
- Marques, L. G., Prado, M. M., & Freire, J. T. (2009). Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. *LWT-Food Science and Technology*, 42(7), 1232-1237.
- Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwi fruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 177-182.
- Mejia-Meza, E. I., Yanez, J. A., & Davies, N. M. (2008). Improving nutritional value of dried blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) combining microwave-vacuum, hot-air drying and freeze drying technologies. *International Journal of Food Engineering*, 4(5), 1-6.
- Mendez-Lagunas, L., Rodriguez-Ramirez, J., Cruz-Gracida, M., Sandoval-Torres, S., & Barriada-Bernal, G. (2017). Convective drying kinetics of strawberry (*Fragaria ananassa*): Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content. *Food Chemistry*, 174-181.
- Morad, M. M., El-Shazly, M. A., Wasfy, K. I., & ElMaghawry, H. A. M. (2017). Thermal analysis and performance evaluation of a solar tunnel greenhouse dryer for drying peppermint plants. *Renewable Energy*, 101, 992-1004.
- Nguyen, T. K., Mondor, M., & Ratti, C. (2018). Shrinkage of cellular food during air drying. *Journal of Food Engineering*, 230, 8-17.

- Niro, S., Fratianni, A., Panfili, G., Falasca, L., Cinquanta, L., & Rivzi Alam, M. D. (2017). Nutritional evaluation of fresh and dried goji berries cultivated in Italy. *Italy Journal of Food Science*, 29, 2017.
- Öz, A. T., & Süfer, Ö. (2012). Meyve ve sebzelerde hasat sonrası kalite üzerine yenilebilir film ve kaplamaların etkisi. *Akademik Gıda*, 10(1), 85-91.
- Polatoğlu, B., & Beşe, A. V. (2017). Convective drying of cornelian cherry fruits (*Cornus mas.L.*): Drying kinetics and degradation of vitamin C. *Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences*, 6(2), 406-414.
- Sadıkoglu, H., & Özdemir, M. (2003). Dondurarak kurutma teknolojisi ve evreleri. *Gıda*, 28, 6.
- Sarıgök, Y. (2019). Tokat ilinde domates kurutmada farklı kurutma koşullarının kuruma özellikleri ve kalite üzerine etkisi. Retrieved from file:///C:/Users/oem/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wek9yb3d8bbwe/TempState/Downloads/562607.pdf
- Šavikin, K., Zdunić, G., Janković, T., Tasić, S., Menković, N., Stević, T., & Đorđević, B. (2009). Phenolic content and radical scavenging capacity of berries and related jams from certificated area in Serbia. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64, 212–217.
- Skrede, G., Wrolstad, R. E., & Durst, R. W. (2010). Changes in anthocyanins and polyphenolics during juice processing of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum L.*). *Journal of Food Science*, 65, 357–364.
- Srinivasa Reddy, I. V. (2020). Preservation of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) by sun drying and dehydration. *Indian Journal of Pure & Applied Biosciences*, 7(5), 563-566.
- Sunjka, P. S., Orsat, V., & Raghavan, G. S. V. (2008). Microwave/vacuum drying of cranberries (*Vaccinium macrocarpon*). *American Journal of Food Technology*, 3(2), 100-108.
- Szadzinska, J., Kowalski, S., & Stasiak, M. (2016). Microwave and ultrasound enhancement of convective drying of strawberries: Experimental and modeling efficiency. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 103, 1065-1074.
- Taşova, M., Ergüneş, G., Gerçekçioğlu, R., & Karagül, Ş. (2019). Konvektif ve mikrodalga yöntemlerle kurutulan kuşburnu (*Rosamontana Chaixsubsp. woronovii (Lonacz) Ö. Nilsson*) meyvelerinde kalite değişimleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3), 312-318.
- Top, V., Tontul, İ., & Türker, S. (2019). Use of solar energy assisted drying methods in the food industry. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(8), 1100-1112.

- Turan, A., & İslam, A. (2019). Fındığın geleneksel ve suni kurutulması arasındaki hasat sonrası farklılıkları. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(11), 1766-1772.
- Tylewicz, U., Fito, P. J., Castro-Giraldez, M., Fito, P., & Dalla Rosa, M. (2011). Analysis of kiwifruit osmodehydration process by systematic approach systems. *Journal of Food Engineering*, 104, 438-444.
- Vatthanakul, S., Jangchud, A., Jangchud, K., Therdthai, N., & Wilkinson, B. (2010). Gold kiwifruit leather product development using quality function deployment approach. *Food Quality and Preference*, 21, 339-345.
- Venkatachalapathy, K., & Raghavan, G. S. V. (1999). Combined osmotic and microwave drying of strawberries. *Drying Technology*, 17(4-5), 837-853.
- Yongsawatdigul, J., & Gunasekaran, S. (1996). Microwave-vacuum drying of cranberries: Part II, quality evaluation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 20(2), 145-156.
- Zia, M. P., & Alibas, I. (2021). Influence of the drying methods on color, vitamin C, anthocyanin, phenolic compounds, antioxidant activity, and in vitro bioaccessibility of blueberry fruits. *Food Bioscience*, 42(2), 1-11.
- Xu, B., Chen, J., Tiliwia, E., Yan, W., Azam, S., Yuan, J., & Ma, H. (2021). Effect of multi-mode dual-frequency ultrasound pretreatment on the vacuum freeze-drying process and quality attributes of strawberry slices. *Ultrasonics Sonochemistry*, 78, 1-10.
- Wasswa, M. S., Fungo, R., Kaaya, A., Byarugaba, R., & Muyonga, J. H. (2021). Influence of sun drying and a combination of boiling and sun drying on the retention of nutrients and bioactive compounds in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) leaves. *African Journal of Biological Sciences*, 3(3), 48-58.

BÖLÜM 3

NANOPARTİKÜLLERİN BİTKİ DOKU KÜLTÜRÜNDE KONTAMİNASYON KONTROLÜNE ETKİLERİ VE UYGULAMA POTANSİYELLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Kevser YAZAR^{1*}

Dr. Öğr. Üyesi Osman DOĞAN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14576000>

¹Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 42130 Konya-Türkiye
ORDID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0390-0341>

²Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 42130 Konya-Türkiye
ORDID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3264-5925>

*sorumlu yazar: kyazar@selcuk.edu.tr

1. GİRİŞ

Bitki doku kültürü bitki hücreleri veya dokularının kontrollü ve steril bir ortamda yetiştirilmesini içeren bir tekniktir. Bu teknik hastalıktan arı bitkilerin üretilmesinde, ekonomik açıdan önemli türlerin klonal olarak çoğaltılmasında, genetik materyalin muhafaza edilmesinde, ıslah çalışmalarında ve sekonder metabolit üretimi gibi çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Espinosa-Leal vd., 2018; Phillips ve Garda, 2019; Chandran vd., 2020; Keskin, 2021; Ekinci vd., 2024). Bitki doku kültürü çalışmalarında kontaminasyon oluşumu kültür başarısını tehdit eden temel unsurlar arasında yer almaktadır. Eksplant, eksplant kaynağı, ekolojik koşullar, besin ortamı ve kullanılan malzemeler gibi çeşitli faktörler kontaminasyona yol açabilmektedir (Abdalla vd., 2022; Arora vd., 2022; Zuzarte vd., 2024).

Bakteriler, mantarlar, küfler ve mayalar kontaminasyon oluşumunun başlıca sebepleridir. Bu mikroorganizmalar, bitki dokularının içinde ve yüzeyinde bulunabilmektedirler (Orlikowska vd., 2017). Kültür ortamında oluşma oranları eksplantların alındığı çevre ve mevsim koşullarına göre önemli ölçüde değişiklik göstermektedir (Leifert vd., 1994; Bunn ve Tan, 2002). Bakteri oluşumu kültür ortamında en çok karşılan kontaminasyon türüdür (Nsofor, 2021). Ortamın bulanıklaşması, kötü koku ve eksplantın çürümesi, bakteriyel kontaminasyonun spesifik belirtileri arasında yer almaktadır (Tariq vd., 2020). Mantar oluşumu bitki doku kültüründe bakterilerden daha az görülmesine rağmen, eksplant yüzeyinde veya kültür ortamında miselyumlar oluşmasına ve kültür başarısının azalmasına sebep olmaktadır (Luchi vd., 2020).

In vitro koşullarda kontaminasyon yönetimi kültür öncesi eksplant kaynaklarında hastalık taraması (endofit bakteri oluşumunun eliminasyonu), başlangıç kültürlerinde kontaminasyon taraması, rastgele örnekleme ve kültür süresince tarama aşamalarından oluşmaktadır (Cassells, 1991; Bhatia vd., 2015). Kontaminasyonun önlenmesi ve

kontrolü için eksplantların, besin ortamının ve kullanılan malzemelerin uygun şekilde sterilizasyonu kritik bir öneme sahiptir (Babu vd., 2022; Sudheer vd., 2022). Genellikle arazi koşullarından veya serada yetiştirilen bitkilerden alınan çeşitli eksplantlar *in vitro* kültürlerin oluşturulmasından önce yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmaktadır. Çok yıllık türlerde bakterilerin endofitik olarak ortaya çıkmasıyla yüzey sterilizasyonunun etkinliği azalabilmektedir (Sahu vd., 2022). Bu duruma ek olarak, kullanılan kimyasalların niteliğinin ve dozunun yetersiz olması ve sterilizasyon yönteminin eksplanta uygun olmaması gibi etkenler yüzey sterilizasyonunu yetersiz kılarak, birçok çalışmanın bozulmasına ve dolayısıyla emek ve zaman kaybına neden olmaktadır (Leifert ve Cassells, 2001).

Bitki doku kültüründe kullanılan geleneksel yüzey sterilizasyonu yöntemlerinde eksplantların canlılığı ve rejenerasyon başarısı üzerinde olumsuz etkiler gösterebilen kimyasal maddeler sıklıkla kullanılmaktadır (Leifert vd., 1994; Kim vd., 2017). Sodyum hipoklorit (NaOCl) doku dezenfeksiyonu amacıyla en yaygın olarak kullanılan kimyasal maddeler arasında yer almaktadır (Lazo-Javalera vd., 2016). Ancak, bu yöntemin etkinliği eksplant kaynağı, ana bitki yaşı, çeşit ve genotip gibi çeşitli faktörlere göre değişmektedir (Howard, 1994). Kalsiyum hipoklorit (CaOCl) sodyum hipoklorite benzer şekilde dokuya etki etmekte ve geniş spektrumlu antimikrobiyal aktiviteye sahip olmasıyla sterilizasyon yönteminde kullanılabilir (Leifert ve Cassells, 2001). Gümüş nitrat (AgNO₃) *in vitro* kültür ortamlarında güçlü antifungal özelliklere sahip olması sebebiyle yüzey sterilizasyonu aşamasında tercih edilmektedir (Mahendran vd., 2019). Ancak, bazı bitki türlerinde fitotoksiteye neden olması sebebiyle kullanımında dikkatli olunması gereken bir kimyasaldır (Tripathi vd., 2017). Hidrojen peroksit (H₂O₂) bitki dokularına zarar verebilecek serbest radikaller üreten güçlü bir oksitleyici ajan olması sebebiyle uygun konsantrasyonlarda ve uygulama sürelerinde etkili bir sterilizasyon maddesi olarak kullanılabilir (Bakhsh vd., 2016;

Kaya ve Özataş, 2024). Etanol (EtOH) yüzey sterilizasyonunda yaygın olarak kullanılan bir çözücüdür ve genellikle yüksek konsantrasyonlarda mikroorganizmaların hücrelerini denatüre ederek etki göstermektedir (Oyebanji vd., 2009; Kara vd., 2022). Cıva(II) klorür etkili bir sterilizasyon maddesi olmasına rağmen, son derece toksik olması sebebiyle insan sağlığı ve çevre için risk oluşturmaktadır (Leifert vd., 1994; Leifert ve Cassells, 2001). Brom Suyu (BS) geniş spektrumlu aktivitesi sebebiyle etkili bir dezenfektan olarak kullanılabilir. Ancak, bazı bitki türlerinde canlılığı olumsuz yönde etkileyebildiği için doz seçiminin dikkatli yapılması gerekmektedir (Singh vd., 2023). Bakteri kaynaklı kontaminasyonun kontrol altına alınmasında antibiyotikler yaygın olarak kullanılmaktadır (Thomas ve Prakash, 2004; Oliveira vd., 2010; Mbah ve Wakil, 2012). Bununla birlikte, rutin ve sürekli antibiyotik kullanımı kontaminasyona neden olan bakterilerde antibiyotik direncine neden olabilmektedir (Falkiner, 1997). Ek olarak, bitki kültürleri antibiyotik içermeyen bir ortama aktarıldıktan sonra bakteriyel kontaminantlar genellikle yeniden ortaya çıkmaktadırlar (Bunn ve Tan, 2002). Besin ortamında antibiyotik kullanımına alternatif olarak, otoklavdan önce Plant Preservative Mixture™ (PPM™) eklenmesiyle bakteriyel kontaminasyon kontrol altına alınabilmektedir. PPM™'nin ısıya dayanıklı olması, antibiyotik kullanımına göre avantaj sağlamaktadır (Lunghusen, 1998).

Bitki doku kültüründe kontaminasyonla mücadelede kullanılan standart yöntemler, bitki büyümesi, gelişimi ve rejenerasyonu üzerinde olumsuz etkiler (sınırlı etki spektrumu, maliyet, ısı duyarlılığı ve endojenik kontaminasyon gibi) oluşturması sebebiyle dezavantajlara sahiptir (Helaly vd., 2014; Safavi, 2014; Mashwani vd., 2015). Bu dezavantajlar doku kültürü çalışmalarının başarısını ve verimliliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Geleneksel yöntemlere alternatif olarak kontaminasyonun etkilerini azaltmak için çeşitli stratejiler denenmektedir. Bunlar arasında, bitki dokularına zarar vermeden mikrobiyal gelişmeyi kontrol edebilen nanogümüş ve bitki ekstraktları

gibi antimikrobiyal ajanların kullanımı yer almaktadır (Castillo-Henríquez vd., 2020; Kumar vd., 2021).

Nanoteknoloji, tarımsal alanda küçük boyutlarda [1-100 nanometre (nm)] materyallerin kullanımıyla partiküllerin dokulara daha iyi nüfuz etmesine ve daha düşük dozlarda uygulama yapılmasına olanak tanımaktadır (Almutairi ve Alharbi, 2015). Bitki doku kültüründe nano ürünlerin çeşitli uygulama yöntemleriyle kullanımı umut verici sonuçlar içermektedir (Álvarez vd., 2019). Nanopartiküllerin doku kültüründeki etkinliğini artırmak için yenilikçi dekontaminasyon yöntemlerinin araştırılması ve mikrobiyal dinamiklerin incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bölümde, nano partiküllerin bitki doku kültüründe karşılaşılan kontaminasyon kaynaklarına etkisi ve uygulama potansiyelleri ele alınmıştır.

2. NANOPARTİKÜL TÜRLERİ VE ANTİMİKROBİYAL ÖZELLİKLERİ

Nanoteknolojinin günümüz koşullarında biyolojik ve çevresel uygulamalarda geniş bir kullanım alanına sahip olması antimikrobiyal özelliklere sahip nanopartiküllerin geliştirilmesine ve kullanımına olan ilgiyi her geçen gün arttırmaktadır (Kumar vd., 2018; Nasrollahzadeh vd., 2019). Gümüş (Ag), çinko (Zn), bakır (Cu), titanyum (TiO₂), demir (Fe), altın (Au), alüminyum (Al), magnezyum (Mg) gibi metal ve metal oksit nanopartiküller, biyolojik sentez yoluyla üretilen nanopartiküller ve organik ve inorganik kökenli nanopartiküller çeşitli mikroorganizmalara karşı etkili antimikrobiyal ajanlar olarak kullanılmaktadırlar (Dizaj vd., 2014; Zhu vd., 2019).

Gümüş nanopartiküllerin (AgNP'ler), geniş spektrumlu antimikrobiyal aktiviteleri nedeniyle bitki doku kültüründe kullanımı kontaminasyonu önlemek için umut vadetmektedir (Sehrawat vd., 2021; Chakraborty vd., 2022). AgNP'ler bakteri, mantar ve virüslerin hücre zarlarına bağlanarak geçirgenliklerini ve bütünlüklerini bozmakta ve mikroorganizmaların kontrolüne katkıda bulunmaktadırlar (Dakal vd.,

2016; Mikhailova, 2020). Buna ek olarak AgNP'lerin mikroorganizmaların hayatta kalması için gerekli olan proteinlerin üretimini engellediği ve antimikrobiyal etkiler gösterdiği de bilinmektedir (Velmurugan vd., 2013; Mashwani vd., 2015). Ayrıca, reaktif oksijen türleri (ROS) üretimi ile hücre ölümüne neden olma gibi mekanizmalar aracılığıyla da bakterileri etkilemektedirler (Flores-López vd., 2019). Tüm bu etkileşim mekanizmaları sayesinde gram-pozitif ve gram-negatif bakterilere karşı yüksek antimikrobiyal aktivite göstermektedirler (Gurunathan vd., 2014).

Çinko oksit nanopartiküller bakteri ve mantar enfeksiyonlarına karşı etkili antimikrobiyal ajanlar olarak öne çıkmaktadırlar. Fotokatalitik özelliklerinin yanısıra küçük parçacık boyutlarına sahip olmaları sebebiyle mikroorganizmaların hücresel yapılarını bozarak antimikrobiyal özellik göstermektedirler (Jones vd., 2008; Zakharova ve Gusev, 2019). ZnONP'lerin varlığında DNA replikasyonu ve transkripsiyonunda yer alan enzimlerin aktivitesi durmaktadır. Bu mekanizma mikroorganizmalarda hücre büyümesi ve çoğalma süreçlerini engellemektedir (Siddiqi vd., 2018). ZnONP'ler ayrıca metabolik enzimlerin sülfhidril gruplarına bağlanarak hücre fonksiyonunu bozabilmektedirler. Sülfhidril grupları birçok enzimin katalitik aktivitesi için gereklidir ve ZnONP'lere bağlanmaları enzimlerin aktifliğini kaybetmesine neden olmaktadır (Malik vd., 2021; Arathi vd., 2022).

Bakır oksit (CuO) nanopartiküller çok sayıda mikroorganizmaya karşı antimikrobiyal aktivite gösteren nanomalzemelerdir. Mikroorganizmaların kolonileşmesini ve yayılmasını önlemek için çeşitli yüzeylerde antibakteriyel ajanlar olarak kullanım potansiyeline sahiptirler. CuO nanopartiküller bakteriyel sinyal iletim yollarını etkileyerek hücre büyümesini ve çoğalmasını inhibe edebilirler (Dobručka vd., 2019). CuO nanopartiküllerin antimikrobiyal etkileri konsantrasyona, partikül boyutuna ve maruz kalma süresine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Ahamed vd., 2014).

Titanyum dioksit (TiO_2) nanopartiküllerin antimikrobiyal etkileri fotokatalitik aktivitesine dayanmaktadır. TiO_2 nanopartikülleri UV ışınlarına maruz kaldığında, serbest radikaller (OH , HO_2 ve H_2O_2 gibi) üretirler. Bu serbest radikaller, bakterilerin hücre duvarlarına ve zarlarına zarar vererek hücre ölümüne neden olurlar (Shiraishi vd., 2009; Safavi, 2014). ROS üretimi yoluyla da mikroorganizmaların hücresel metabolizmaları üzerinde yıkıcı etki oluşturmaktadırlar (Ziental vd., 2020).

Demir nanopartiküller, bakterilerde hücre zarını bozmalarının yanısıra ROS üretimini teşvik ederek antimikrobiyal aktivite göstermektedirler. Toksikite seviyesinin düşük olması sebebiyle çevresel uygulamalarda da kullanım oranları yüksektir (Hajipour vd., 2012).

Hibrit nanopartiküller (Ag/Fe-TiO_2 vb.), geniş spektrumlu mikrobiyal kontrol sağlamaları sebebiyle kontaminasyon oluşumunun engellenmesine katkıda bulunmaktadır. Düşük ışık yoğunluklarında da etkinlik sağlaması avantajlı yönleri arasında sayılabilmektedir (Seneviratne vd., 2023b).

Altın nanopartiküller (AuNP 'ler) antibiyotik moleküllerini taşıyarak gram-pozitif ve gram-negatif bakterin etkinliklerini sınırlandırabilmektedir. Au(I) ve Au(III) altın iyonları uygun ligandlarla kompleks halinde olduklarında antibakteriyel özellik göstermektedirler (Zhang vd., 2015). Bu sebeple doku kültüründe kullanımları önemlidir.

Alüminyum nanopartiküller (AlNP 'ler) bakterilerde hücre zar yapısını bozmaları ve koloni oluşumunu engellemeleri sebebiyle yüksek oranda antimikrobiyal etki göstermektedirler (Mukherjee vd., 2011). Buna ek olarak alüminyum nanopartiküller bakteriyel hücrelerde oksidatif stres oluşumuna sebep olarak DNA hasarı meydana getirmektedirler. ROS oluşumu DNA zincirinin kırılmasına, nükleotidlerin uzaklaştırılmasına ve nükleotid bazlarının modifikasyonuna neden olmaktadır (Sharma vd., 2012; Sliwinska vd., 2015).

Magnezyum oksit nanopartiküller (MgONP'ler) ROS üretimi ve hücre zarı ile etkileşim mekanizmaları sayesinde antimikrobiyal etki göstermektedirler (Jin ve He, 2011). MgONP'ler mikroorganizmaların hücre zarına zarar vererek membran geçirgenliğini arttırlar ve bu sayede oksidatif strese yol açarak mikroorganizmaların ölümüne sebep olmaktadır. Ayrıca, bakteriyel biyofilm oluşumunu engelleyerek, mevcut biyofilmleri bozma potansiyelleri de etkili kullanım mekanizmaları arasında yer almaktadır (Wetteland vd., 2016; Nguyen vd., 2018).

Karbon nanotüpler (CNT'ler) bakterilerin hücre zarına ciddi şekilde zarar vererek antimikrobiyal aktivite sergileyebilmektedirler. Çalışmalarda, CNT'lerin varlığında DNA ve RNA gibi plazmid materyallerin konsantrasyonunda, sırasıyla, 5 kat ve 2 kat artış olduğu kaydedilmiştir (Trivedi vd., 2014). CNT'lerin bakteri inaktivasyonunda karşılaşılan diğer olası mekanizma ise metal toksisitesi ve oksidatif stres kaynaklı ortaya çıkabilmektedir (Kang vd., 2007). Antibakteriyel özellik göstermeleri açısından grafit, grafit oksit, grafen oksit ve indirgenmiş grafen oksitin kontaminasyon kontrolünde kullanımı da önem taşımaktadır. Bu malzemelerin antimikrobiyal etkileri membran ve oksidatif stres mekanizmalarıyla ilişkilendirilmektedir (Lin vd., 2009; Ma vd., 2010; Liu vd., 2011)

3. NANOPARTİKÜLLERİN BİTKİ DOKU KÜLTÜRÜNDE KONTAMİNASYON KONTROLÜNDE KULLANIMI

Nano ürünlerin bitki doku kültürü uygulamalarında kontaminasyonu önlemek için kullanımı her geçen gün daha önemli hale gelmektedir. Yapılan çalışmalarda, özellikle gümüş ve çinko oksit nanopartikülleri olmak üzere çeşitli nano ürünlerin antimikrobiyal etkilerine dair pek çok örnek bulunmaktadır (Abdi vd., 2008; Rostami ve Shahsava, 2012; Awad vd., 2020; Parzymies, 2021; Bao vd., 2022; Ekinci vd., 2023; Permadi vd., 2023; Yazar, 2024). Nano ürünler doku kültüründe kontaminasyonu önlemek amacıyla, yüzey sterilizasyonu

aşamasında, besin ortamına nano ürünlerin ilavesiyle veya bu iki yöntemin kombinasyonunu içeren yöntemlerle uygulanabilmektedirler.

3.1. Nanopartiküllerin Yüze Sterilizasyonunda Kullanılması

Gümüş nanopartiküller (AgNP'ler) mikrobiyal kontaminasyon kaynaklarının kontrolünde klasik sterilizasyon yöntemlerine kıyasla yüksek potansiyel etkileriyle öne çıkmaktadır. Kauçuk bitkisi eksplantlarında mikrobiyal kontaminasyonu ve kahverengileşmeyi azaltmak için sodyum hipoklorit (%10-%40), cıva klorür (%0.1 ve %0.2), ve AgNP'lerin (2.5-200 ppm) denendiği bir çalışmada; 10 ppm AgNP dozunun 20 dakika süreyle uygulanmasının kontaminasyon oluşum oranını azalttığı ve en yüksek (%94.44) hayatta kalma oranının tespit edildiği belirtilmiştir (Moradpour vd., 2016). Üzüm (*Vitis vinifera* L.) yaprak eksplantlarının yüze sterilizasyonunda, AgNP'lerin etkilerinin denendiği bir çalışmada, "Rashe", "Khoshnave" ve "Farkhi" çeşitlerinden eksplant alımı gerçekleştirilmiştir. Eksplantlar %95 etanolde bekletildikten sonra farklı doz (100, 500 ve 1000 mg L⁻¹) ve sürelerle (10 ve 20 dakika) AgNP solüsyonlarında yüze sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. 20 dakika boyunca 1000 mg L⁻¹ AgNP uygulaması ile mikrobiyal kontaminasyonun önlediği rapor edilmiştir (Gouran vd., 2014). Ancak yüze sterilizasyonu aşamasında yüksek dozlarda uygulanmalarının toksik etki oluşturabileceklerine dair çalışmalar da bulunmaktadır. AgNP'lerin bitki doku kültürlerinde antimikrobiyal etkinliklerinin ve toksik etkilerinin incelendiği bir çalışmada *Arabidopsis thaliana*, domates (*Lycopersicon esculentum* cv. Micro-Tom) ve patates (*Solanum tuberosum*) eksplantlarında yapılan yüze sterilizasyonu farklı konsantrasyonlarda (10–2000 ppm AgNP) ve sürelerde (5–60 dakika) gerçekleştirilmiştir. 100 ppm AgNP uygulamasının kontaminasyonu önlemede etkili olmasının yanısıra toksisite göstermediği belirtilmiş, ancak daha yüksek konsantrasyonların bitki dokularına zararlı etkileri olduğu rapor edilmiştir (Mahna vd., 2013). Cıva klorür ve kalsiyum hipoklorit gibi geleneksel yüze sterilizasyon ajanlarına alternatif olarak nanopartiküllerin denendiği bir

diğer çalışmada begonya (*Begonia × tuberhybrida* Voss) bitkisi yaprak sapı, çiçek salkımı ve boğum eksplantları kullanılmıştır. Kontaminasyona ek olarak somatik embriyo oluşumu ve morfolojisi gibi parametrelerde incelenmiştir. Çalışma bakır nanopartiküllerin yüzey sterilizasyonunda etkili olduğunu ve geleneksel ajanların yerini alabileceğini göstermiştir (Bao vd., 2022).

AgNP'lerin yüzey sterilizasyonunda kullanılması bitkilerin kültür ortamındaki rejenerasyon kabiliyetlerini de etkilemektedir. *Begonia tuberosus* bitkisinde yapılan bir çalışmada AgNP'ler yaprak sapları, çiçek sapları ve gövde eksplantlarının yüzey sterilizasyonunda kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, AgNP'lerin *B. tuberosus* bitkisi üzerinde mikrobiyal kontaminasyonu etkili bir şekilde ortadan kaldırdığı belirtilmiştir. Özellikle 200 ppm ve 300 ppm AgNP konsantrasyonlarının yüzey sterilizasyonunda kullanılmasıyla çiçek sapı eksplantlarında somatik embriyo uyarımının arttığı da (%40) kaydedilmiştir (Tung vd., 2021).

Yüzey sterilizasyon yöntemlerinde AgNP uygulamaları sterilizasyon yöntemlerini destekleyecek şekilde yapılabilmektedir. *Catharanthus roseus* bitkisinde yüzey sterilizasyonundan önce ve sonra farklı AgNP dozlarında sürgün uçlarının ve boğumların bekletilmesiyle bakteriyel kontaminasyonun giderildiği kaydedilmiştir. Yüzey sterilizasyonundan sonra 100 mg L⁻¹ AgNP uygulanmasının, %89 oranında sağlıklı eksplant elde edilmesine katkıda bulunduğu belirtilmiştir. AgNP'lerin eksplantların canlılığı üzerinde olumsuz etkileri olmadan kontaminasyonu önlediği belirtilmiştir (Shahin, 2018). Kedi otu (*Valeriana officinalis* L.) bitkisinde boğum eksplantlarının kullanıldığı çalışmada 100 mg L⁻¹ AgNP konsantrasyonunun yüzey sterilizasyonu sonrası en yüksek sterilizasyon başarısını (%89) sağladığı belirtilmiştir. Çalışma sonuçları doğrultusunda, nano materyallerin bitki doku kültüründe kontaminasyon etkenlerini kontrol etmek için etkili bir yöntem olduğu vurgulanmıştır (Abdi vd., 2008).

Farklı nanopartiküller aynı türün eksplantlarının yüzey sterilizasyonunda farklı etkiler gösterebilmektedir. Muz bitkisinin sürgün ucu eksplantlarında yüzey sterilizasyonunu takiben 200 ve 400 mg L⁻¹ konsantrasyonlarında ZnO ve CuO nanopartiküllerinin kullanıldığı bir çalışmada, 400 mg L⁻¹ ZnONP'lerin mantar kontaminasyonunu tamamen önlediği, 400 mg L⁻¹ CuONP'lerin ise antimikrobiyal aktiviteye ek olarak besin desteği sağlayarak eksplantlarda ağırlık artışı sağladığı kaydedilmiştir (Safavi, 2014).

Hibrit nanopartiküller farklı nanopartiküllerin özelliklerinin kombine edilmesiyle oluşmakta ve doku kültüründe kullanımları avantaj sağlamaktadır. *Dracaena sanderiana* Sander ex Mast bitkisinin *in vitro* optimizasyonunda Ag-FeTiO₃/TiO₂ nanohibritlerin yüzey sterilizasyon ajanı olarak kullanıldığı bir çalışmada, nanohibritin fotokatalitik özellikleri sayesinde yeniden kullanılabilir olduğu ve kontaminasyondan arındırılmış kültür ortamlarında eksplant canlılığının %90 oranında devam ettiği bildirilmiştir. Hibrit nanopartiküllerin doku kültürü tekniklerinde kullanılan zararlı sterilizasyon tekniklerine çevre dostu bir alternatif olabileceği belirtilmiştir (Seneviratne vd., 2023a).

Biyolojik olarak sentezlenmiş nanopartiküller (BSNP) toksik özelliklerinin az olması ve antimikrobiyal özellik göstermeleriyle dikkat çekmektedirler. *Alhagi maurorum* bitkisinde 125 mg L⁻¹ ve 150 mg L⁻¹ konsantrasyonlarındaki biyolojik olarak sentezlenmiş AgNP'lerin yüzey sterilizasyonunda kullanılmasıyla kontaminasyonun kontrol altına alındığı bildirilmiştir. Çalışma sonucunda, BSNP'lerin düşük konsantrasyonlarda uygulanmasının kontaminasyonu azaltmada etkili olduğu ve eksplantların hayatta kalma oranını arttırdığı vurgulanmıştır (Sehrawat vd., 2021). Benzer şekilde BSNP'lerin *Ocimum* türlerinin yüzey sterilizasyonu ve kallus indüksiyonu üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada tohumlar ve dokular BSNP'ler ile farklı doz (10, 50 ve 100 mg L⁻¹) ve sürelerle (5-60 dk) muamele edilmişlerdir. BSNP uygulamaları sonucu, %100 dekontaminasyon oranı sağlandığı ve uygulamaların eksplant canlılığı üzerine olumsuz hiçbir

etki göstermeden kallus oluşumunu teşvik ettiği rapor edilmiştir (Adebomojo ve AbdulRahaman, 2020).

3.2. Nanopartiküllerin Besin Ortamına İlave Edilmesi

AgNP'lerin besin ortamına ilave edilmesi kontaminasyon oranını belirgin bir şekilde azaltmaktadır. Ancak bu yöntemin eksplantlara etkileriyle ilgili farklı sonuçlar bulunmaktadır. Arpada (*Hordeum vulgare*) yapılan bir çalışmada, Murashige Skoog (MS) besi ortamına 2, 4, 6 ve 8 mg dm⁻³ konsantrasyonlarında AgNP eklenmesi ile arpa embriyolarında kontaminasyon oranının azaldığı belirtilmiştir. Özellikle 6 ve 8 mg dm⁻³ AgNP içeren ortamlarda enfeksiyon oranının kontrole göre önemli ölçüde azalış gösterdiği kaydedilmiştir (Krupa-Małkiewicz vd., 2019). *Aldrovanda vesiculosa* türünde yapılan bir çalışmada, eksplantlar sodyum hipoklorit ile yüzey sterilizasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra 5 mg dm⁻³ AgNP içeren sıvı MS ortamına yerleştirilmiştir. Çalışma sonucunda AgNP'lerin kontaminasyon oranını azalttığı ancak sürgünlerde nekroza neden olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, AgNP'lerin toksik etki gösterdiği vurgulanarak bu türle yapılacak sterilizasyon işlemlerinde sadece sodyum hipoklorit kullanılmasının daha uygun olacağı öne sürülmüştür (Parzymies, 2021).

ZnO nanopartiküller (ZnONP), yüksek yüzey reaktivitesi ve geniş spesifik yüzey alanları sayesinde güçlü antibakteriyel özellikler sergilemektedirler. Barhee hurma (*Phoenix dactylifera* L.) çeşidinde sürgün mikroçoğaltım oranını arttırmak amacıyla besin ortamına otoklavdan sonra 50, 100 ve 150 mg L⁻¹ dozlarında ZnONP ilave edilmiştir. Uygulamalar sonrasında kültür ortamında kontaminasyonun tamamen önlediği kaydedilmiştir (Awad vd., 2020). Metal ve metal oksit nanopartiküller kontaminasyon kontrolüne yönelik benzer etkiler yapabilmektedirler. Muz bitkilerinden alınan sürgün uçlarında mikrobiyal kontaminantların giderilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, Zn ile ZnO nanopartiküllerinin etkileri değerlendirilmiştir. Yüzey

sterilizasyon işlemini takiben MS ortamına 100 ve 200 mg L⁻¹ Zn ve ZnONP'ler ilave edilmiştir. Çalışma sonucunda, dokuz bakteriyel ve dört fungal kontaminantın oluşumunun engellendiği kaydedilmiştir. Yapılan uygulamaların eksplantların rejenerasyon kabiliyetini etkilemediği belirtilmiş ve 100 mg L⁻¹ dozunun, kontaminasyonun önlenmesi ve rejenerasyon için en etkili uygulama olduğu vurgulanmıştır (Helaly vd., 2014).

Titanyum dioksit nanopartiküllerin (TiO₂NP'ler) bitki doku kültürü ortamlarında bakteriyel kontaminasyonu gidermek için umut vadeden sonuçları bulunmaktadır. Bitkisel materyal olarak tütün (*Nicotiana tabacum* cv. Xanthi) ve patatesin (*Solanum tuberosum* L.) kullanıldığı bir çalışmada, kültür ortamına beş farklı konsantrasyonda (5, 25, 50, 75 ve 100 mg L⁻¹) AgNP ve iki farklı konsantrasyonda TiO₂NP eklenmiş ve kontaminasyonun önemli şekilde azaldığı rapor edilmiştir (Safavi, 2012). Patateste (*Solanum tuberosum* L.) kontaminasyonun engellenmesine yönelik yapılan bir diğer çalışmada, TiO₂NP'ler MS besin ortamına %1 ve %2 (w/w) oranlarında eklenmiş ve eksplantlar dört hafta boyunca değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, TiO₂NP'lerin bakteriyel kontaminasyonu etkili bir şekilde engellediği tespit edilmiştir (Safavi, 2014).

Biyosentezlenmiş nanopartiküllerin besin ortamına ilavesi de sağlıklı kültür oluşumunu desteklemektedir. *Bacopa monnieri* türünde kallus uyarımı için BSNP'ler kullanılmıştır. Çalışmada, *Fusarium oxysporum* mantarıyla biyosentezlenmiş AgNP'ler 16x10³ konsantrasyonda MS ortamına eklenmiştir. Çalışma sonucunda BSNP'lerin kontaminasyon oranını azaltmasının yanısıra kallus büyümesini desteklediği tespit edilmiştir (Kalsaitkar vd., 2014).

Grafit nanopartiküllerin (GtNP'ler) Abees tatlı patates çeşidinde yüzey sterilizasyonunda kullanıldığı bir çalışmada, kallus uyarımı ve rejenerasyon ortamlarına farklı konsantrasyonlarda (200, 400 ve 800 ppm) GtNP'ler ilave edilerek etkinlikleri denenmiştir. Çalışma

sonucunda GtNP'lerin, eksplantlara toksik bir etki göstermeden bakteriyel kontaminasyon oluşumunu tamamen ortadan kaldırdığı rapor edilmiştir (Aboulila vd., 2018).

3.3. Nanopartikül Tabanlı Yüzey Sterilizasyonu ve Besin Ortamı Entegrasyonu

AgNP'lerin antifungal ve antibakteriyel aktivitelerinin incelendiği bir çalışmada, iki farklı uygulamanın kontaminasyon oluşumuna etkileri incelenmiştir. Garnem (*Prunus dulcis* × *Prunus persica*) anacından alınan boğumlar ilk denemede beş farklı AgNP konsantrasyonu (0, 50, 100, 150 ve 200 ppm) ve üç farklı bekletme süresi (3, 5 ve 7 dakika) ile sterilize edilmişlerdir. Diğer denemede ise AgNP'ler MS besin ortamına doğrudan eklenerek kontaminasyon oranı belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda 100 ve 150 ppm AgNP dozlarının hem solüsyon içinde bekletme hem de besin ortamına ilave edilmeleri sonucunda kontaminasyonu önemli seviyede azalttıkları kaydedilmiştir. Kültür ortamına AgNP ilavesinin kontaminasyonun kontrolünde daha etkili olduğu ancak bitkilerde canlılık oranı ve rejenerasyon kabiliyetini azalttığı bildirilmiştir. Odunsu bitki türlerinde yapılacak mikroçoğaltım çalışmaları için AgNP uygulamalarının bakterisit olarak kullanılabilmesi çıkarımında bulunulmuştur (Arab vd., 2014). Yine benzer şekilde 'Missio' zeytin çeşidi eksplantlarında kontaminasyonu ortadan kaldırmak için AgNP uygulamaları yapılmıştır. Nano gümüş yüzey sterilizasyon yöntemine ek olarak solüsyonda bekletme ya da besin ortamına ilave edilme şeklinde uygulanmıştır. Mikro çeliklerin farklı AgNP konsantrasyonlarında bekletilmesinin içsel kontaminasyonun kontrol edilmesinde etkili olduğu belirtilmiş, ancak bu işlemin eksplantlarda ciddi hasarlara da neden olduğu kaydedilmiştir. Ortama 4 mg L⁻¹ nano gümüş eklenmesiyle eksplantların içsel kontaminasyonun kontrol altına alındığı ve eksplantlarda toksik etki görülmediği belirtilmiştir (Rostami ve Shabsava, 2012). *Araucaria excelsa* R. Br. var. *glauca* eksplantlarında AgNP kolloidleriyle iki yöntem birleştirilerek uygulama yapılmıştır. Yüzey sterilizasyonu takiben 200

mg L⁻¹ AgNP solüsyonunda 180 dakika bekletme işleminin bakteriyel kontaminasyonunu %61.5'ten %11.3'e, 400 mg L⁻¹ AgNP'nin besin ortamına eklenmesinin ise %81.25'ten %18.75'e düşürdüğü kaydedilmiştir. AgNP'nin eksplantlar üzerinde zararlı etkileri olmadan kontaminasyon oranını azalttığı vurgulanmıştır (Sarmast vd., 2011).

4. NANOPARTİKÜLLERİN GELENEKSEL YÜZEY STERİLİZASYONU YÖNTEMLERİNE GÖRE AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Nanopartiküller geleneksel yüzey sterilizasyon yöntemlerine göre bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptirler. Nanopartiküller içerisinde özellikle gümüş nanopartiküller (AgNP'ler) bakteri, mantar ve virüsler dahil olmak üzere geniş spektrumlu bir antimikrobiyal aktivite göstermektedirler (Adebomojo ve AbdulRahaman, 2020; Sehwat vd., 2021).

Sodyum hipoklorit ve etanol gibi dezenfektanlar yüzey sterilizasyonunda standart olarak tercih edilmektedirler. Doku kültüründe kontaminasyon kontrolü amacıyla yüksek dozlarda kullanılmaları eksplantlarda toksik etki oluşmasına neden olmakta ve aynı zamanda dokularda canlılık kaybı ortaya çıkmaktadır. Nanopartiküller geleneksel yöntemlere kıyasla daha düşük konsantrasyonlarda uygulanarak kontaminasyon etkenlerinin etkili bir şekilde kontrolünü sağlamaktadırlar (Leifert vd., 1994; Adebomojo ve AbdulRahaman, 2020; Parzymies, 2021). Ayrıca, bitki doku kültürü teknikleri için sıklıkla kullanılan kimyasal sterilizasyon yöntemleri etkili olmalarına rağmen çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedirler. Nanopartiküller düşük dozlarda uygulanabilir olmaları sebebiyle standart olarak kullanılan yüzey sterilizasyon yöntemlerine çevre dostu bir alternatif yöntem olarak dikkat çekmektedirler (Permadi vd., 2023; Singh vd., 2023).

Ayrıca, bazı nanopartiküller geleneksel yöntemlere göre besin ortamında daha uzun sterilizasyon süresi sunmaktadırlar. Örneğin, Ag-

FeTiO₃/TiO₂ nanopartiküller fotokatalitik etkileriyle bir aydan uzun süre sterilizasyon sağlayabiliyorken, geleneksel olarak tercih edilen sodyum hipoklorit daha kısa süreli koruma etkinliğine sahiptir. NP'ler uzatılmış sterilizasyon süresi etkisiyle, tekrarlanan sterilizasyon ihtiyacını azaltarak zaman, emek ve kullanılan malzemeler açısından tasarruf edilmesini sağlamaktadır (Seneviratne vd., 2023a).

Bununla birlikte, nanopartiküllerin potansiyel dezavantajları da bulunmaktadır. Nanopartiküllerle ilgili en çok üzerinde durulan konu bitki dokularına karşı toksik etkilerinin olup olmayacağıdır. Bu görüşü destekler nitelikte, AgNP'lerin kauçuk bitkilerinden alınan yaprak eksplantlarında nekroza sebep olduğu (Moradpour vd., 2016) ve *Aldrovanda vesiculosa*'da kültüre alınan eksplantların rejenerasyon kabiliyetini azalttığına yönelik (Parzymies, 2021) çalışmalar bulunmaktadır. Nanopartiküllerin konsantrasyonları ve uygulama süreleri kullanılan türe ve eksplanta göre ayarlanmalıdır.

Ayrıca bazı nanopartiküller üretim süreçlerinde kullanılan ana materyallerin spesifik olması sebebiyle geleneksel sterilizasyon yöntemlerine göre daha pahalıdır (Parveen vd., 2016). Bu durum büyük ölçekli doku kültürü çalışmaları için önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır.

5. SONUÇ

Nanopartiküllerin bitki doku kültürlerinde kontaminasyon kontrolünde kullanımıyla ilgili umut vadeden sonuçlar bulunmaktadır. Gelişmiş antimikrobiyal etkinlikleri, düşük toksisiteleri, özellikle biyolojik sentezlenmiş nanopartiküllerin çevre dostu etkileri ve eksplantların hayatta kalma oranlarını arttırmaları geleneksel sterilizasyon yöntemlerine kıyasla önemli avantajlar sunmaktadır. Gümüş, çinko oksit, titanyum dioksit ve hibrit nanopartiküller gibi nanopartikül türlerinin farklı şekillerle eksplantlara uygulanması ve ortama ilavesi ile *in vitro* çalışmalarda olumlu sonuçlar elde edilmektedir. Bununla birlikte, nanopartiküller düşük dozlarda

büyümeyi teşvik edici etkiler gösterirken, yüksek dozlarda bitki gelişimini yavaşlatan ve genetik değişikliklere yol açabilen toksik etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, nanopartiküllerin farklı bitki türlerinde ve konsantrasyonlarda etkinliklerinin belirlenmesi ve aynı zamanda güvenli doz aralıklarının optimize edilmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sayede nano partiküllerin bitki gelişme ve büyümesinde nasıl bir etkin rol oynadığı daha iyi bir şekilde anlaşılabilir. Gelecekte yapılacak doku kültürü çalışmalarına, nanopartiküllerin kitlesel çoğaltım, ıslah çalışmaları, gen kaynaklarının muhafazası ve sürdürülebilirlik açısından önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdalla, N., El-Ramady, H., Seliem, M. K., El-Mahrouk, M. E., Taha, N., Bayoumi, Y., Shalaby, T. A., & Dobránszki, J. (2022). An academic and technical overview on plant micropropagation challenges, *Horticulturae*, 8(8), 677.
- Abdi, G., Salehi, H., & Khosh-Khui, M. (2008). Nano silver: a novel nanomaterial for removal of bacterial contaminants in valerian (*Valeriana officinalis* L.) tissue culture, *Acta Physiologiae Plantarum*, 30, 709-714.
- Aboulila, A. A., Galal, O. A., & El-Samahy, M. (2018). Enhancement of somaclonal variations and genetic diversity using graphite nanoparticles (GtNPs) in sweet potato plants, *African journal of biotechnology*, 17(27), 847-855.
- Adebomojo, A., & AbdulRahaman, A. (2020). Surface sterilization of *Ocimum* seeds and tissues with biosynthesized nanosilver and its effects on callus induction, *IOP conference series: materials science and engineering*, 805(1), 012024.
- Ahamed, M., Alhadlaq, H. A., Khan, M. M., Karuppiah, P., & Al-Dhabi, N. A. (2014). Synthesis, characterization, and antimicrobial activity of copper oxide nanoparticles, *Journal of Nanomaterials*, 2014 (1), 637858.
- Almutairi, Z. M., & Alharbi, A. (2015). Effect of silver nanoparticles on seed germination of crop plants, *International Journal of Nuclear and Quantum Engineering*, 9(6), 689-693.
- Álvarez, S. P., Tapia, M. A. M., Vega, M. E. G., Ardisana, E. F. H., Medina, J. A. C., Zamora, G. L. F., & Bustamante, D. V. (2019). Nanotechnology and plant tissue culture, *Plant Nanobionics: Volume 1, Advances in the Understanding of Nanomaterials Research and Applications*, 333-370.
- Arab, M. M., Yadollahi, A., Hosseini-Mazinani, M., & Bagheri, S. (2014). Effects of antimicrobial activity of silver nanoparticles on *in vitro* establishment of G× N15 (hybrid of almond× peach) rootstock, *Journal of genetic engineering and biotechnology*, 12(2), 103-110.
- Arathi, A., Joseph, X., Akhil, V., & Mohanan, P. (2022). L-Cysteine capped zinc oxide nanoparticles induced cellular response on adenocarcinomic human alveolar basal epithelial cells using a conventional and organ-on-a-chip approach, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 211, 112300.
- Arora, K., Rai, M. K., & Sharma, A. (2022). Tissue culture mediated biotechnological interventions in medicinal trees: recent progress, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 150(2), 267-287.
- Awad, K. M., Al-Mayahi, A., Mahdi, M. A., Al-Asadi, A., & Abass, M. H. (2020). *In vitro* assessment of ZnO nanoparticles on *Phoenix dactylifera* L. micropropagation, *Scientific Journal of King Faisal University*, 21(1), 149-161.

- Babu, G. A., Mosa Christas, K., Kowsalya, E., Ramesh, M., Sohn, S.-I., & Pandian, S. (2022). Improved sterilization techniques for successful *in vitro* micropropagation, In: Commercial Scale Tissue Culture for Horticulture and Plantation Crops, Eds: Springer, p. 1-21.
- Bakhsh, A., Anayol, E., Sancak, C., & Özcan, S. (2016). An efficient and cost effective sterilizing method with least microbial contamination and maximum germination ratio for *in vitro* cotton (*Gossypium hirsutum* L.) culture, *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(3), 868-873.
- Bao, H. G., Tung, H. T., Van, H. T., Bien, L. T., Khai, H. D., Mai, N. T. N., Luan, V. Q., Cuong, D. M., Nam, N. B., & Van The Vinh, B. (2022). Copper nanoparticles enhanced surface disinfection, induction and maturation of somatic embryos in tuberous begonias (*Begonia* × *tuberhybrida* Voss) cultured *in vitro*, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 151(2), 385-399.
- Bhatia, S., Sharma, K., Dahiya, R., & Bera, T. (2015). Technical glitches in micropropagation, Academic Press Cambridge, MA, p. 393-404.
- Bunn, E., & Tan, B. (2002). Microbial contaminants in plant tissue culture propagation, In: Microorganisms in plant conservation and biodiversity, Eds: Springer, p. 307-335.
- Cassells, A. (1991). Problems in tissue culture: culture contamination, Kluwer Dordrecht:Springer Netherlands, p. 31-44.
- Castillo-Henríquez, L., Alfaro-Aguilar, K., Ugalde-Álvarez, J., Vega-Fernández, L., Montes de Oca-Vásquez, G., & Vega-Baudrit, J. R. (2020). Green synthesis of gold and silver nanoparticles from plant extracts and their possible applications as antimicrobial agents in the agricultural area, *Nanomaterials*, 10(9), 1763.
- Chakraborty, A., Haque, S. M., Ghosh, D., Dey, D., Mukherjee, S., Maity, D. K., & Ghosh, B. (2022). Silver nanoparticle synthesis and their potency against multidrug-resistant bacteria: a green approach from tissue-cultured *Coleus forskohlii*, 3 *Biotech*, 12(9), 228.
- Chandran, H., Meena, M., Barupal, T., & Sharma, K. (2020). Plant tissue culture as a perpetual source for production of industrially important bioactive compounds, *Biotechnology reports*, 26, e00450.
- Dakal, T. C., Kumar, A., Majumdar, R. S., & Yadav, V. (2016). Mechanistic basis of antimicrobial actions of silver nanoparticles, *Frontiers in microbiology*, 7, 1831.
- Dizaj, S. M., Lotfipour, F., Barzegar-Jalali, M., Zarrintan, M. H., & Adibkia, K. (2014). Antimicrobial activity of the metals and metal oxide nanoparticles, *Materials Science and Engineering: C*, 44, 278-284.
- Dobrucka, R., Kaczmarek, M., Łagiedo, M., Kielan, A., & Długaszewska, J. (2019). Evaluation of biologically synthesized Au-CuO and CuO-ZnO nanoparticles

- against glioma cells and microorganisms, *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27(3), 373-383.
- Ekinci, H., Ak, B., & Şaşkın, N. (2023). Screening of some chemical disinfectants for explant sterilization during *in vitro* micropropagation of UCB-1(*P. atlantica* x *P. integerrima*). *V. Balkan Agricultural Congress*, 159-168.
- Ekinci, H., Rastgeldi, İ., Şaşkın, N., Ak, B. E., & Korkmaz, Ş. (2024). Evaluation of performance of different culture media in *in vitro* shoot propagation of local grape varieties, *Applied Fruit Science*, 66(2), 641-648.
- Espinosa-Leal, C., Puente-Garza, C. A., & García-Lara, S. (2018). In Vitro Plant Tissue Culture: Means for Production of Biological Active Compounds, *Planta*.
- Falkiner, F. R. (1997). Antibiotics in plant tissue culture and micropropagation—what are we aiming at?, *Pathogen and microbial contamination management in micropropagation*, 155-160.
- Flores-López, L. Z., Espinoza-Gómez, H., & Somanathan, R. (2019). Silver nanoparticles: Electron transfer, reactive oxygen species, oxidative stress, beneficial and toxicological effects. Mini review, *Journal of Applied Toxicology*, 39(1), 16-26.
- Gouran, A., Jirani, M., Mozafari, A. A., Saba, M. K., Ghaderi, N., & Zaheri, S., (2014). Effect of silver nanoparticles on grapevine leaf explants sterilization at *in vitro* conditions, *2nd National Conference on Nanotechnology from Theory to Application*, 1-6.
- Gurunathan, S., Han, J. W., Kwon, D.-N., & Kim, J.-H. (2014). Enhanced antibacterial and anti-biofilm activities of silver nanoparticles against Gram-negative and Gram-positive bacteria, *Nanoscale research letters*, 9, 1-17.
- Hajipour, M. J., Fromm, K. M., Ashkarran, A. A., de Aberasturi, D. J., de Larramendi, I. R., Rojo, T., Serpooshan, V., Parak, W. J., & Mahmoudi, M. (2012). Antibacterial properties of nanoparticles, *Trends in biotechnology*, 30(10), 499-511.
- Helaly, M. N., El-Metwally, M. A., El-Hoseiny, H., Omar, S. A., & El-Sheery, N. I. (2014). Effect of nanoparticles on biological contamination of '*in vitro*' cultures and organogenic regeneration of banana, *Australian Journal of Crop Science*, 8 (4), 612-624.
- Howard, B. H. (1994). Manipulating rooting potential in stockplants before collecting cuttings, In: *Biology of adventitious root formation*, Eds: Springer, p. 123-142.
- Jin, T., & He, Y. (2011). Antibacterial activities of magnesium oxide (MgO) nanoparticles against foodborne pathogens, *Journal of Nanoparticle Research*, 13, 6877-6885.

- Jones, N., Ray, B., Ranjit, K. T., & Manna, A. C. (2008). Antibacterial activity of ZnO nanoparticle suspensions on a broad spectrum of microorganisms, *FEMS microbiology letters*, 279(1), 71-76.
- Kalsaitkar, P., Tanna, J., Kumbhare, A., Akre, S., Warade, C., & Gandhare, N. (2014). Silver nanoparticles induced effect on in-vitro callus production in *Bacopa monnieri*, *Asian Journal of Biological and Life Sciences*, 3(3), 167-172
- Kang, S. J., Kocabas, C., Ozel, T., Shim, M., Pimparkar, N., Alam, M. A., Rotkin, S. V., & Rogers, J. A. (2007). High-performance electronics using dense, perfectly aligned arrays of single-walled carbon nanotubes, *Nature nanotechnology*, 2(4), 230-236.
- Kara, Z., Yazar, K., Ekinci, H., Doğan, O., & Özer, A. (2022). The effects of ortho silicone applications on the acclimatization process of grapevine rootstocks, *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 36(2), 233-237.
- Kaya, Ç., & Özatay, Ş. (2024). Development of an effective sterilization protocol for plant tissue culture studies in superfruit aronia [*Aronia melanocarpa* (Michaux) Elliot], *Black Sea Journal of Agriculture*, 7(6), 15-16.
- Keskin, N. (2021). Review on production of secondary metabolites in grapevine by callus culture, B. Kunter, N. Keskin (Ed.), *In: Agricultural and Natural Research & Reviews*, (pp.115-133) Lyon: Livre de Lyon.
- Kim, D. H., Gopal, J., & Sivanesan, I. (2017). Nanomaterials in plant tissue culture: the disclosed and undisclosed, *RSC advances*, 7(58), 36492-36505.
- Krupa-Małkiewicz, M., Oszmiański, J., Lachowicz, S., Szczepanek, M., Jaśkiewicz, B., Pachnowska, K., & Ochmian, I. (2019). Effect of nanosilver (nAg) on disinfection, growth, and chemical composition of young barley leaves under in vitro conditions, *Journal of Integrative Agriculture*, 18(8), 1871-1881.
- Kumar, M., Curtis, A., & Hoskins, C. (2018). Application of nanoparticle technologies in the combat against anti-microbial resistance, *Pharmaceutics*, 10(1), 11.
- Kumar, S., Basumatary, I. B., Sudhani, H. P., Bajpai, V. K., Chen, L., Shukla, S., & Mukherjee, A. (2021). Plant extract mediated silver nanoparticles and their applications as antimicrobials and in sustainable food packaging: A state-of-the-art review, *Trends in Food Science & Technology*, 112, 651-666.
- Lazo-Javalera, M., Troncoso-Rojas, R., Tiznado-Hernández, M., Martínez-Tellez, M., Vargas-Arispuro, I., Islas-Osuna, M., & Rivera-Domínguez, M. (2016). Surface disinfection procedure and *in vitro* regeneration of grapevine (*Vitis vinifera* L.) axillary buds, *SpringerPlus*, 5, 1-9.
- Leifert, C., Morris, C. E., & Waites, W. M. (1994). Ecology of microbial saprophytes and pathogens in tissue culture and field-grown plants: reasons for contamination problems *in vitro*, *Critical reviews in plant sciences*, 13(2), 139-183.

- Leifert, C., & Cassells, A. (2001). Microbial hazards in plant tissue and cell cultures, *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 37, 133-138.
- Lin, C., Fugetsu, B., Su, Y., & Watari, F. (2009). Studies on toxicity of multi-walled carbon nanotubes on *Arabidopsis* T87 suspension cells, *Journal of Hazardous Materials*, 170 (2-3), 578-583.
- Liu, S., Zeng, T. H., Hofmann, M., Burcombe, E., Wei, J., Jiang, R., Kong, J., & Chen, Y. (2011). Antibacterial activity of graphite, graphite oxide, graphene oxide, and reduced graphene oxide: membrane and oxidative stress, *ACS nano*, 5 (9), 6971-6980.
- Luchi, N., Ioos, R., & Santini, A. (2020). Fast and reliable molecular methods to detect fungal pathogens in woody plants, *Applied microbiology and biotechnology*, 104 (6), 2453-2468.
- Lunghusen, J. (1998). An effective biocide for plant tissue culture, *Australian Horticulture*, 96, 45-48.
- Ma, X., Geiser-Lee, J., Deng, Y., & Kolmakov, A. (2010). Interactions between engineered nanoparticles (ENPs) and plants: phytotoxicity, uptake and accumulation, *Science of the Total Environment*, 408 (16), 3053-3061.
- Mahendran, D., Geetha, N., & Venkatachalam, P. (2019). Role of silver nitrate and silver nanoparticles on tissue culture medium and enhanced the plant growth and development, *In Vitro Plant Breeding towards Novel Agronomic Traits: Biotic and Abiotic Stress Tolerance*, 59-74.
- Mahna, N., Vahed, S. Z., & Khani, S. (2013). Plant *in vitro* culture goes nano: nanosilver-mediated decontamination of ex vitro explants, *J Nanomed Nanotechnol*, 4 (161), 1.
- Malik, A., Alshehri, M. A., Alamery, S. F., & Khan, J. M. (2021). Impact of metal nanoparticles on the structure and function of metabolic enzymes, *International Journal of Biological Macromolecules*, 188, 576-585.
- Mashwani, Z.-u.-R., Khan, T., Khan, M. A., & Nadhman, A. (2015). Synthesis in plants and plant extracts of silver nanoparticles with potent antimicrobial properties: current status and future prospects, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99, 9923-9934.
- Mbah, E., & Wakil, S. (2012). Elimination of bacteria from *in vitro* yam tissue cultures using antibiotics, *Journal of Plant Pathology*, 94(1), 53-58.
- Mikhailova, E. O. (2020). Silver nanoparticles: Mechanism of action and probable bio-application, *Journal of Functional Biomaterials*, 11(4), 84.
- Moradpour, M., Aziz, M., & Abdullah, S. (2016). Establishment of *in vitro* culture of rubber (*Hevea brasiliensis*) from field-derived explants: effective role of silver nanoparticles in reducing contamination and browning, *J Nanomed Nanotechnol*, 7(375), 2.

- Mukherjee, A., Sadiq, I. M., Prathna, T., & Chandrasekaran, N. (2011). Antimicrobial activity of aluminium oxide nanoparticles for potential clinical applications, *Science against microbial pathogens. Communicating Current Research and Technological Advances*, 1, 245-251.
- Nasrollahzadeh, M., Sajadi, S. M., Sajjadi, M., & Issaabadi, Z. (2019). Applications of nanotechnology in daily life, *Interface Science and Technology*, 28, 113-143.
- Nguyen, N.-Y. T., Grelling, N., Wetteland, C. L., Rosario, R., & Liu, H. (2018). Antimicrobial activities and mechanisms of magnesium oxide nanoparticles (nMgO) against pathogenic bacteria, yeasts, and biofilms, *Scientific Reports*, 8 (1), 16260.
- Nsofor, G. (2021). Conventional methods of controlling microbial contaminants in meristematic tissue cultures: A review, *Nigeria Agricultural Journal*, 52(2), 181-186.
- Oliveira, M., Costa, M., Silva, C., & Otoni, W. (2010). Growth regulators, culture media and antibiotics in the *in vitro* shoot regeneration from mature tissue of *Citrus* cultivars, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45 (7), 654-660.
- Orlikowska, T., Nowak, K., & Reed, B. (2017). Bacteria in the plant tissue culture environment, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 128, 487-508.
- Oyebanji, O., Nweke, O., Odebunmi, O., Galadima, N., Idris, M., Nnodi, U., Afolabi, A., & Ogbadu, G. (2009). Simple, effective and economical explant-surface sterilization protocol for cowpea, rice and sorghum seeds, *African Journal of Biotechnology*, 8 (20).
- Parveen, K., Banse, V., & Ledwani, L., (2016). Green synthesis of nanoparticles: Their advantages and disadvantages, *AIP conference proceedings*.
- Parzymies, M. (2021). Nano-silver particles reduce contaminations in tissue culture but decrease regeneration rate and slows down growth and development of *Aldrovanda vesiculosa* explants, *Applied Sciences*, 11 (8), 3653.
- Permadi, N., Nurzaman, M., Alhasnawi, A. N., Doni, F., & Julacha, E. (2023). Managing lethal browning and microbial contamination in *Musa* spp. tissue culture: Synthesis and perspectives, *Horticulturae*, 9 (4), 453.
- Phillips, G. C., & Garda, M. (2019). Plant tissue culture media and practices: an overview, *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 55, 242-257.
- Rostami, A. A., & Shahsava, A. R. (2012). *In vitro* micropropagation of olive (*Olea europaea* L.) 'Mission' by nodal segments, *Journal of Biological and Environmental sciences*, 6 (17).
- Safavi, K. (2012). Evaluation of using nanomaterial in tissue culture media and biological activity, *Second Int. Conf. on Ecological, Environmental and Biological Sciences (EEBS'2012), Bali, Indonesia*, 13-14.

- Safavi, K. (2014). Effect of titanium dioxide nanoparticles in plant tissue culture media for enhance resistance to bacterial activity, *Bull. Environ. Pharmacol. Life Sci*, 3, 163-166.
- Sahu, P. K., Tilgam, J., Mishra, S., Hamid, S., Gupta, A., K, J., Verma, S. K., & Kharwar, R. N. (2022). Surface sterilization for isolation of endophytes: Ensuring what (not) to grow, *Journal of Basic Microbiology*, 62 (6), 647-668.
- Sarmast, M., Salehi, H., & Khosh-Khui, M. (2011). Nano silver treatment is effective in reducing bacterial contaminations of *Araucaria excelsa* R. Br. var. *glauca* explants, *Acta Biologica Hungarica*, 62 (4), 477-484.
- Sehrawat, A. R., Malik, A., Sehrawat, K. D., Singh, A., & Kumar, D. (2021). Antimicrobial and *in vitro* efficacy of green silver nanoparticles in tissue culture of *Alhagi maurorum*, *Nelumbo*, 243-253.
- Seneviratne, K. L., Munaweera, I., Peiris, S. E., Kodithuwakku, P., Peiris, C. N., & Kottegoda, N. (2023a). Visible light active silver decorated Iron titanate/titanium dioxide nanohybrid for sterilization of explants grown by *in vitro* Technique, *Advanced Materials Technologies*, 8 (6), 2201292.
- Seneviratne, K. L., Peiris, S. E., Peiris, C. N., Shashikala, R., & Weerasinghe, D. D. (2023b). Facile synthesis of silver/iron-TiO₂ nanoparticles for sterilization of *Dracaena Sanderiana* ‘Gold’ and ‘Victory’ cultivars, *SSRN*, 30.
- Shahin, H. (2018). Effect of AgNO₃ nanoparticles on sterilization and alkaloid production of *Catheranthus roseus* tissue by, *Al-Azhar Journal of Pharmaceutical Sciences*, 57 (1), 52-61.
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions, *Journal of Botany*, 2012 (1), 217037.
- Shiraishi, K., Koseki, H., Tsurumoto, T., Baba, K., Naito, M., Nakayama, K., & Shindo, H. (2009). Antibacterial metal implant with a TiO₂-conferred photocatalytic bactericidal effect against *Staphylococcus aureus*, *Surface and Interface Analysis: An International Journal devoted to the development and application of techniques for the analysis of surfaces, interfaces and thin films*, 41 (1), 17-22.
- Siddiqi, K. S., ur Rahman, A., Tajuddin, n., & Husen, A. (2018). Properties of zinc oxide nanoparticles and their activity against microbes, *Nanoscale Research Letters*, 13, 1-13.
- Singh, Y., Kumar, U., Panigrahi, S., Balyan, P., Mehla, S., Sihag, P., Sagwal, V., Singh, K. P., White, J. C., & Dhankher, O. P. (2023). Nanoparticles as novel elicitors in plant tissue culture applications: current status and future outlook, *Plant Physiology and Biochemistry*, 108004.

- Sliwinska, A., Kwiatkowski, D., Czarny, P., Milczarek, J., Toma, M., Korycinska, A., Szemraj, J., & Sliwinski, T. (2015). Genotoxicity and cytotoxicity of ZnO and Al₂O₃ nanoparticles, *Toxicology Mechanisms and Methods*, 25 (3), 176-183.
- Sudheer, W., Praveen, N., Al-Khayri, J., & Jain, S. (2022). Role of plant tissue culture medium components, In: *Advances in Plant Tissue Culture*, Eds: Elsevier, p. 51-83.
- Tariq, A., Ilyas, S., & Naz, S. (2020). Nanotechnology and plant tissue culture, *Nanoagronomy*, 23-35.
- Thomas, P., & Prakash, G. (2004). Sanitizing long-term micropropagated grapes from covert and endophytic bacteria and preliminary field testing of plants after 8 years *in vitro*, *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 40 (6), 603-607.
- Tripathi, A., Liu, S., Singh, P. K., Kumar, N., Pandey, A. C., Tripathi, D. K., Chauhan, D. K., & Sahi, S. (2017). Differential phytotoxic responses of silver nitrate (AgNO₃) and silver nanoparticle (AgNps) in *Cucumis sativus* L, *Plant Gene*, 11, 255-264.
- Trivedi, R. N., Akhtar, P., Meade, J., Bartlow, P., Atai, M. M., Khan, S. A., & Domach, M. M. (2014). High-level production of plasmid DNA by *Escherichia coli* DH5α Ω sacB by introducing inc mutations, *Applied and environmental microbiology*, 80 (23), 7154-7160.
- Tung, H. T., Van, H. T., Bao, H. G., Khai, H. D., Luan, V. Q., Phong, T. H., & Nhut, D. T. (2021). Silver nanoparticles enhanced efficiency of explant surface disinfection and somatic embryogenesis in *Begonia tuberosa* via thin cell layer culture, *Vietnam Journal of Biotechnology*, 19 (2), 337-347.
- Velmurugan, P., Lee, S.-M., Iydroose, M., Lee, K.-J., & Oh, B.-T. (2013). Pine cone-mediated green synthesis of silver nanoparticles and their antibacterial activity against agricultural pathogens, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97, 361-368.
- Wetteland, C. L., Nguyen, N.-Y. T., & Liu, H. (2016). Concentration-dependent behaviors of bone marrow derived mesenchymal stem cells and infectious bacteria toward magnesium oxide nanoparticles, *Acta Biomaterialia*, 35, 341-356.
- Yazar, K. (2024). Ekşi Kara üzüm çeşidinde yüzey sterilizasyonu uygulamalarının kontaminasyon ve aseptik sürgün oranlarına etkileri, *14. International Conference On Agriculture, Animal Science & Rural Development*, 1099-1108.
- Zakharova, O., & Gusev, A. (2019). Photocatalytically active zinc oxide and titanium dioxide nanoparticles in clonal micropropagation of plants: Prospects, *Nanotechnologies in Russia*, 14, 311-324.

- Zhang, Y., Shareena Dasari, T. P., Deng, H., & Yu, H. (2015). Antimicrobial activity of gold nanoparticles and ionic gold, *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 33 (3), 286-327.
- Zhu, X., Pathakoti, K., & Hwang, H.-M. (2019). Green synthesis of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles and their usage for antimicrobial applications and environmental remediation, In: Green synthesis, characterization and applications of nanoparticles, Eds: Elsevier, p. 223-263.
- Ziental, D., Czarczynska-Goslinska, B., Mlynarczyk, D. T., Glowacka-Sobotta, A., Stanisz, B., Goslinski, T., & Sobotta, L. (2020). Titanium dioxide nanoparticles: prospects and applications in medicine, *Nanomaterials*, 10 (2), 387.
- Zuzarte, M., Salgueiro, L., & Canhoto, J. (2024). Plant tissue culture: industrial relevance and future directions, *Plants as Factories for Bioproduction: Recent Developments and Applications*, 1-15.

BÖLÜM 4

MARDİN, ŞIRNAK VE SİİRT İLLERİNE AİT ASMA GEN KAYNAKLARININ SSR MARKÖRLER İLE KARAKTERİZASYONU

Zir. Yük. Müh. Kürşat Alp ASLAN¹

Prof. Dr. Sadettin GÜRSÖZ²

Prof. Dr. Nurhan KESKİN^{3*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14576015>

¹Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Tarım ve Orman Bakanlığı, Gaziantep-Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-5785-3833>

²Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Urfa-Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9200-6869>

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van-Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2332-1459>

*sorumlu yazar: keskin@yyu.edu.tr

1. GİRİŞ

Bağcılık, asma bitkisinin yetiştiriciliği ve temel ürünü olan üzümün değerlendirilmesini kapsayan, insanlık tarihi kadar eski bir tarımsal faaliyettir. Bugün yetiştirilen üzüm çeşitlerinin büyük bir bölümü, saf ya da melez olarak *Vitis vinifera* L. türüne aittir. Türkiye, *Vitis vinifera* L. türünün önemli gen merkezlerinden biri olmanın yanı sıra, kadim medeniyetlere ev sahipliği yapmış zengin coğrafyası sayesinde farklı değerlendirme yöntemlerinin geliştirildiği özel bir konuma sahiptir. Bu özelliğiyle, genetik kaynaklar bakımından eşsiz bir zenginlik sunmaktadır.

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) çatısı altında, asma genetik kaynaklarının toplanması, muhafazası ve değerlendirilmesi konusunda önemli bir görev üstlenmiştir. Bu kapsamda, Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü, birinci derece, Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü ise ikinci derece sorumlu kuruluşlar olarak görevlendirilmiştir. 1965 yılından bu yana sürdürülen “Türkiye Asma Genetik Kaynaklarının Belirlenmesi, Muhafazası ve Tanımlanması Üzerine Araştırmalar” isimli proje kapsamında, ülkenin dört bir yanı taranmış ve 2024 yılı itibariyle 1.459 yerli ve 104 yabancı orijinli olmak üzere toplam 1.563 üzüm genotipi, Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü'ne bağlı Asma Arazi Gen Bankası'nda koruma altına alınmıştır (Güler vd., 2024). Genetik materyallerin kaybolmasını önlemek ve yedekleme sağlamak amacıyla Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü'nde bir duplikasyon bağı (Yedek Milli Koleksiyon Bağı) oluşturulmuştur.

Bunun yanı sıra, Türkiye'nin farklı bölgelerinde faaliyet gösteren diğer araştırma enstitüleri, asma genetik kaynaklarının korunması ve koleksiyonlarının oluşturulması çalışmalarında aktif rol almaktadır. Bu enstitüler arasında; Erzincan Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Gaziantep Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü, Kahramanmaraş Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Malatya Kayısı Araştırma Enstitüsü, Tokat Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü bulunmaktadır. Bu enstitüler sorumlu oldukları bölgelerde kapsamlı taramalar sonucunda kendi koleksiyonlarını oluşturarak milli koleksiyon bağına katkı sağlamaktadır.

DNA düzeyinde polimorfizmi belirleme yeteneğine sahip moleküler markörler, genetik çeşitliliğin tanımlanması ve tahmin edilmesinde etkili bir araçtır (Grover ve Sharma, 2016). Son yıllarda genetik bilimindeki kayda değer ilerlemeler ve genotipleme süreçlerindeki maliyet düşüşleri, bu markörlerin kullanımını belirgin şekilde artırmıştır (Pei vd., 2024). Farklı genetik markör sistemleri geliştirilmiş olmasına rağmen, mikrosatellitler (SSR markörleri), genetik parmak izi analizlerinde sahip oldukları üstün özellikler nedeniyle yaygın bir şekilde tercih edilmektedir (Grover ve Sharma, 2016). SSR markörlerinin tercih edilmesinin başlıca nedenleri; genetik materyal açısından zengin olmaları, yüksek polimorfizm düzeyleri, eş baskın kalıtım özellikleri, sonuçların yüksek tekrarlanabilirliği ve otomasyon süreçlerine uyum sağlamalarıdır (Schlötterer, 2004; Agarwal vd., 2008). Bu özellikler, SSR markörlerini yalnızca genetik çeşitlilik analizi ve tür tanımlaması için değil, aynı zamanda modern genetik araştırmalar ve ıslah çalışmaları için de vazgeçilmez bir araç haline getirmiştir (Pei vd., 2024).

2007 yılında Asma (*Vitis vinifera* L.)'nın genetik kodunun başarıyla çözülmesi, bu tür üzerindeki genomik araştırmaları ve moleküler biyoloji çalışmalarını önemli ölçüde ilerletmiştir (Jaillon vd., 2007). Dizileme teknolojilerindeki hızlı gelişmelerle birlikte, pek çok önemli üzüm çeşidinin genom dizileri elde edilmiştir. Üzüm genomu düzeyinde geliştirilen moleküler markörler, çeşit tanımlama, genetik çeşitlilik analizi, popülasyon yapısı araştırmaları, ilişkilendirme çalışmaları ve bağlantı haritalarının oluşturulması gibi birçok alanda uygulanabilmektedir (Pei vd., 2024).

Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi asma genetik kaynaklarının belirlenmesine yönelik olarak, Mardin, Siirt ve Şırnak illerine ait 50 farklı asma genetik kaynağı 6 SSR (basit dizi tekrarları) lokusu kullanılarak genetik olarak tanımlanmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışma 2015-2017 yılları arasında yürütülmüştür. Çalışma materyalini Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Ahmet Münir Bilgen Üretim İşletmesi'nde bulunan 'Güneydoğu Anadolu Bölgesi Asma Gen Kaynakları' uygulama parselinde yer alan ve 2012 yılında dikilmiş 44 yerel ve 2 referans

olmak üzere 46 üzüm genotipi (*Vitis vinifera* L.) oluşturmuştur. Mardin iline ait genotipler; Deyvani, Drejik, Rojik, Zorafa, Tatlı siyah, Ekşi siyah, Beyaz musabbak, Musabbak, Beyaz karfoki, Zeynebi, Şıtvı, Azezi, Lehdo, Atf, Verdani, Havinik, Boker, Kunduri, Skori, Pelurik, Kinefi, Siirt iline ait genotipler; Tayfi, Hamrani, Bennitati, Triyeşifi, Gevruk, Gemre, Ermenia, Hasani, Reş paizi, Ağ üzümü, Ağ parmağı, Kara, Şırnak iline ait genotipler ise; Kome, Şırnak Siyahı, Zeyti, Bleke, Katırmefs, Bakari, Bezdo, Bülbülzaki, Derfuke, Musaki, Beşirhane, Kokarpaizi'dir. Cabernet Sauvignon (CS) ve Merlot (M) ise referans çeşitleri oluşturmuştur. Genetik karakterizasyon amacıyla 6 adet SSR primer çiftinden (VVS2, VVMD5, VVMD7, VVMD27, ZAG62, ZAG79) yararlanılmıştır. Moleküler çalışmalar Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü Merkez Laboratuvarı'nda yürütülmüştür.

2.2. Yöntem

2.2.1. DNA izolasyonu ve ölçümleri

Çalışmada yer alan 46 genotipin DNA izolasyonları Lefort vd., (1998) yöntemine göre yapılmış, DNA kalite ve miktar analizleri için Nanodrop (ND-1000) spektrofotometre kullanılmıştır.

2.2.2. Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) hazırlığı

PCR reaksiyonu; 15-200 ng DNA, 5 pmol ileri (forward) primer, 5 pmol floresan işaretlemiş ters (reverse) primer, 0.5 mM toplam dNTP, 0.5 ünite Go Taq DNA Polymerase (Promega) (1.5 mM MgCl₂ içermekte), 3 µl buffer (5xbuffer) olmak üzere 15µl'de gerçekleştirilmiştir.

PCR reaksiyonu için kullanılan program:

1. 94°C' de 3 dk,
2. 94°C' de 1 dk
3. 48 - 66°C'de 1 dk
4. 72°C' de 2 dk
5. 72°C' de 10 dk olmak üzere toplam 35 döngü uygulanmıştır.

PCR işlemi sonrası elde edilen PCR ürünleri %2'lik agaroz jelde kontrol edilmiştir. Amplifikasyonu başarılı olan örnekler üzerinde ise kapiller elektroforez analizi gerçekleştirilmiştir.

SSR lokuslarına ait primerler: Genotiplerin analizinde standart kabul görmüş VVMD5, VVMD7, VVMD27, VrZAG62, VrZAG79 ve VVS2 olmak üzere toplam 6 adet mikrosatellit lokus (SSR primer) kullanılmıştır (This vd., 2004). Her bir lokusa ait forward primerler, farklı floresan boylarla (D4; mavi, D3; yeşil ve D2; siyah) işaretlenmiştir. Primerlerin baz dizilimleri, kullanılan floresan boylar ve erime sıcaklıkları (T_m , °C) ile ilgili detaylı bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1: SSR lokuslarına ait primerlerin baz dizileri, işaretleme boyası ve PCR T_m değerleri

No	Lokus Adı	Primer Dizileri (5'...3')	İşaretleme Boyası	T_m (°C)
1	VVS2-F**	CAGCCCGTAAATGTATCCATC	D4	55
	VVS2-R	AAATTCAAAATTCTAATTCAACTGG		
2	VVMD5-F**	CTAGAGCTACGCCAATCCAA	D2	55
	VVMD5-R	TATACCAAAAATCATATTCCTAAA		
3	VVMD7-F**	AGAGTTGCGGAGAACAGGAT	D3	55
	VVMD7-R	CGAACCTTCACACGCTTGAT		
4	VVMD27-F**	GTACCAGATCTGAATACATCCGTAAGT	D4	55
	VVMD27-R	ACGGGTATAGAGCAAACGGTGT		
5	ZAG62-F**	GGTGAAATGGGCACCGAACACACGC	D4	55
	ZAG62-R	CCATGTCTCTCCTCAGCTTCTCAGC		
6	ZAG79-F**	AGATTGTGGAGGAGGGAACAAACCG	D3	66
	VRZAG79-R	TGCCCCCATTTTCAAACCTCCCTCC		

** Floresan işaretli, F: Forward; R: Reverse

2.2.3. Kapiller elektroforez ve alel görüntülerinin alınması

Genotiplerin fragment analizleri Beckman CEQ™ 8800 genetik analiz sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PCR örneklerinin işaretlenmesinde kullanılan ProLigo WellRED floresan boylara uygun olarak, örnekler farklı oranlarda (1:5 veya 1:10) 20 µl sample loading solution ile seyreltilmiştir. Seyreltilen örneklere, 0.2-0.4 µl Standart-400 eklenmiş ve ardından elektroforez işlemi CEQ™ 8800 genetik analiz sistemi üzerinde tamamlanmıştır. Elektroforez sonrasında, her bir lokus için pikler tiplerine ve renklerine göre homozigot ya da heterozigot olarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçların doğruluğunu sağlamak amacıyla reaksiyonlar en az iki kez tekrarlanarak güvenilirlik kontrolü yapılmıştır.

2.2.4. Genetik analizler

Çalışma kapsamında ele alınan genotiplerin her bir lokusundaki alel miktarı (n), frekansı, beklenen heterozigotluk (He), gözlenen heterozigotluk (Ho), null (sessiz) alellerin frekansı (r) ve tanımlama olasılığı (PI) değerleri IDENTITY 1.0 yazılım programı kullanılarak hesaplanmıştır (Şelli vd., 2007). Genetik farklılıklar Microsat (version 1.5) programı (Minch vd., 1995) aracılığıyla belirlenmiştir. Elde edilen veriler, Excel üzerinde benzerlik matrisine dönüştürülmüştür. Genetik ilişkiyi daha net bir şekilde görmek için oluşturulan dendrogram ise UPGMA (Rohlf, 1988) ve NTSYS (versiyon 2.02 g, Exeter Software, Setauket, NY, USA) yazılım programı yardımıyla oluşturulmuş ve görüntülenmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

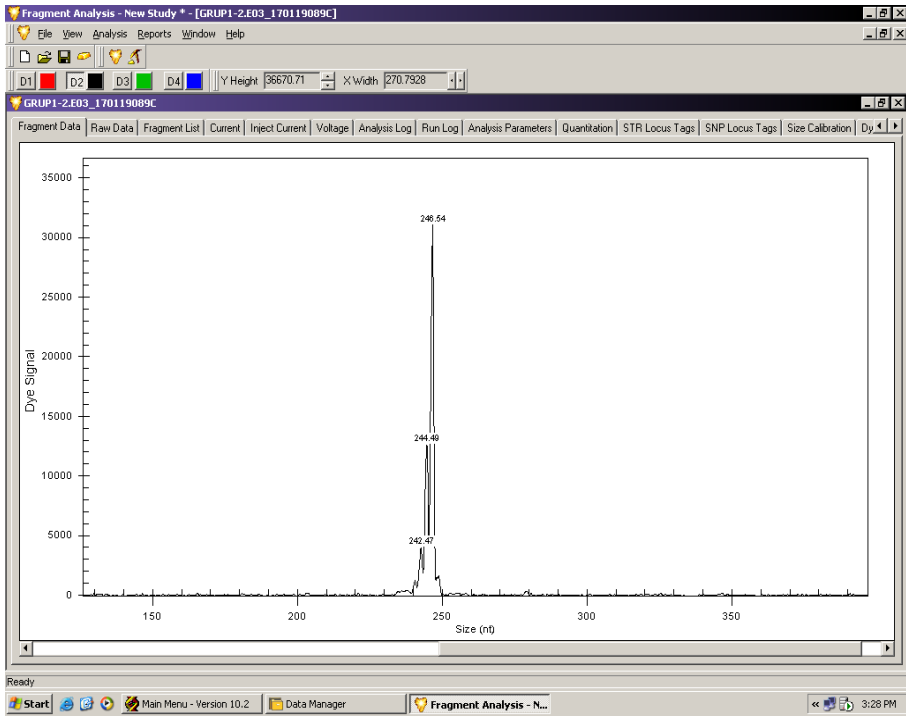
Çalışmada kullanılan genotiplere ait DNA'ların, spektrofotometrik değerleri ise Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2: Genotiplere ait DNA'ların spektrofotometrik değerleri

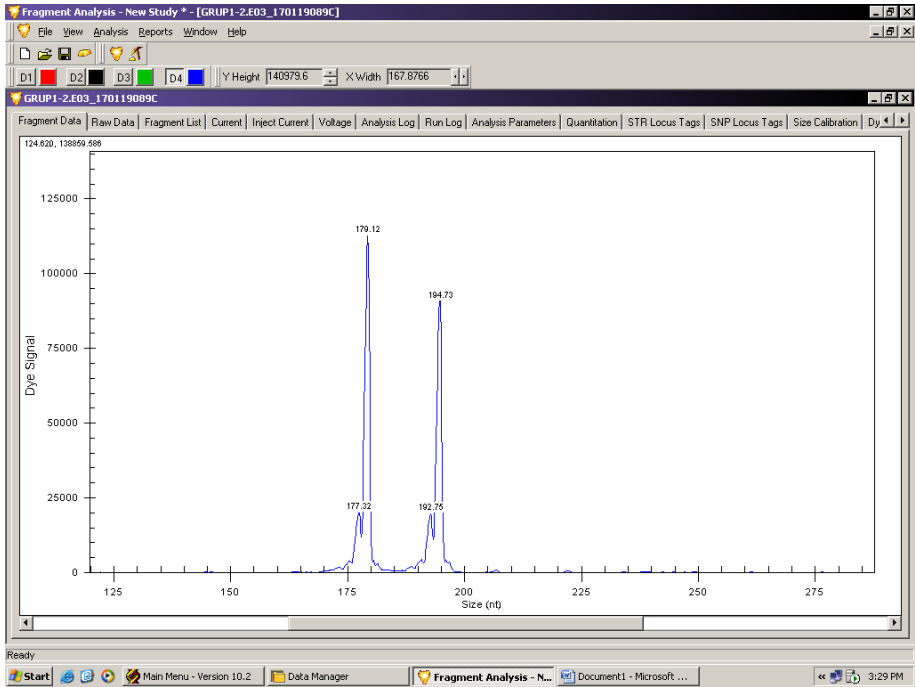
	Miktar ng/ul	Saflık 260/280	No	Miktar ng/ul	Saflık 260/280
1	467.75	1.94	24	632.34	2.06
2	423.42	2.04	25	351.37	2.02
3	103.11	2.03	26	814.78	1.95
4	225.78	1.92	27	219.89	1.92
5	317.71	1.94	28	322.00	2.07
6	829.09	2.01	29	513.89	2.06
7	877.27	2.00	30	542.48	1.85
8	594.48	2.03	31	317.02	1.89
9	795.65	1.90	32	517.94	2.01
10	713.31	1.98	33	407.58	1.98
11	394.48	2.04	34	249.68	2.02
12	826.78	2.04	35	397.09	2.05
13	560.58	2.04	36	713.62	2.02
14	719.70	1.94	37	956.46	2.04
15	454.43	1.96	38	265.66	1.97
16	836.18	1.96	39	528.95	2.02
17	524.99	2.06	40	774.77	2.07
18	214.22	1.96	41	463.71	2.02
19	155.63	1.96	42	198.40	2.00
20	656.78	1.95	43	389.48	2.02
21	289.82	1.96	44	435.81	2.06
22	345.42	1.95	45	109.46	1.91
23	498.56	1.78	46	451.15	1.97

SSR amaçlı kullanılan nükleik asitlerde; saflık (A_{260}/A_{280}) oranının yaklaşık 1.8-2.0 olması gerekmektedir (Yüksel, 2008). Elde edilen sonuçlarda, DNA saflık oranlarının genellikle bu değerler içinde yer aldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, jel görüntülerindeki bant gelişimi de önemli bir kalite parametresi olarak değerlendirilmiş, kırıklık olmadan düzgün bir bant oluşumu, güvenilir bir DNA izolasyonunun diğer bir göstergesi olarak alınmıştır (Tablo 2).

Kapiller elektroforez sonucu elde edilen homozigot ve heterozigot pik profilleri, sırayla Şekil 1 ve 2’de sunulmuştur.



Şekil 1: Lokus-allel profillerinin kapiller elektroforezdeki homozigot pik profili



Şekil 2: Lokus-allel profillerinin kapilleri elektroforezdeki heterozigot pik profili

Genotiplerin 6 mikrosatellit lokusu ile karakterize edilen alel büyüklükleri Tablo 3'te verilmiştir. Referans çeşitler dahil 46 *Vitis vinifera* L. genotipinin 6 mikrosatellit markör ile yapılan analizleri sonucunda toplam 58 alel tespit edilmiştir. Alel miktarı açısından en düşük değer 7 alel ile ZAG62 lokusunda, en yüksek değer ise 11 alel ile VVS2 ve VVMD7 lokuslarında elde edilmiş; ortalama alel sayısı ise 9.66 olarak hesaplanmıştır. Özellikle VVS2 lokusunun verdiği yüksek alel sayısı, literatürde farklı araştırmacılar tarafından elde edilen sonuçlarla uyum göstermektedir (Lin ve Walker, 1998; Lópes vd., 1999; Fatahi vd., 2003; Ibanez vd., 2003; Vouillamoz vd., 2006; Şelli vd., 2007). Diyarbakır'a ait 45 genotip, 7 mikrosatellit lokusu kullanılarak analiz edilmiş ve toplamda 59 alel saptanmıştır. Lokus başına alel sayısı, VVMD5, VrZAG62 ve VrZAG79'dan 7'ye, VVS2 ve VrZAG47'den ise 10'a kadar değişmiş olup, lokus başına ortalama alel sayısı 8.43 olarak hesaplanmıştır (Karataş vd., 2019a). Şanlıurfa'ya ait 50 genotip, yine 7 mikrosatellit lokusu kullanılarak analiz edilmiş ve toplamda 56 alel tespit edilmiştir. Lokus başına toplam alel sayısı 7 (VrZAG62 ve VrZAG79) ile 9 (VVS2) arasında değişmiş ve lokus başına ortalama alel sayısı 7.9 olmuştur (Karataş vd., 2019b).

Tablo 3: Genotiplerin 6 mikrosatellit lokusu ile karakterize edilen alel büyüklükleri (bp)

No	Genotipler	VVS2 F	VVS2 R	ZAG 62 F	ZAG 62 R	VVMD5 F	VVMD5 R
1	Tayfi	143	155	188	194	239	245
2	Kome	135	149	188	192	227	233
3	Deyvani	133	149	188	188	227	235
4	Drejik	133	133	200	200	235	235
5	Rojik	125	125	200	200	227	235
6	Zorafa	133	133	188	192	233	233
7	Tatlı Siyah	145	153	188	196	227	237
8	Ekşi Siyah	143	155	188	188	227	235
9	Şırnak Siyahı	125	143	192	194	225	245
10	Zeyti	135	155	188	196	225	225
11	Hamrani	133	133	188	192	233	233
12	Bennitati	143	143	196	196	233	239
13	Bleke	125	149	188	200	227	235
14	Beyaz Musabbak	133	143	192	196	233	239
15	Musambbak	143	143	192	192	225	233
16	Beyaz Korfaki	143	151	188	196	235	235
17	Triyeşfi	135	155	188	196	225	225
18	Gevruk	133	149	188	188	227	235
19	Gemre	149	149	188	192	231	245
20	Şitvi	135	145	196	196	225	235
21	Katırnefs	135	153	188	194	225	225
22	Lehdo	143	143	196	196	233	239
23	Atf	133	149	188	188	227	235
24	Verdani	135	145	196	196	225	235
25	Havinik	141	141	196	196	237	245
26	Boker	125	143	192	192	225	245
27	Bakari	133	149	188	188	227	235
28	Kunduri	135	149	188	192	227	233
29	Skori	149	149	188	192	231	245
30	Ermenia	133	149	188	188	227	235
31	Res Bahititi	133	143	194	194	235	245
32	Reş Paizi	135	153	188	196	225	225
33	Ağ üzümü	133	155	192	192	233	237
34	Ağ Parmağı	135	143	188	192	225	225
35	Kara	141	155	196	200	235	245
36	Bezdo	143	143	194	200	235	239
37	Bülbülzaki	133	151	196	196	225	235
38	Pelurik	133	133	196	200	235	235
39	Künefi	133	133	188	192	233	233
40	Derfuke	133	149	188	200	225	235
41	Musaki	133	143	196	200	233	237
42	Tuha-Mebi	133	155	192	192	233	237
43	Beşirhane	125	149	188	204	225	245
44	Kokarpaizi	125	143	192	198	223	245
45	CS	139	151	188	194	229	237
46	M	139	151	194	194	223	233

CS: Cabernet Sauvignon, M: Merlot, F: Forward, R: Reverse

Tablo 3 devam: Genotiplerin 6 mikrosatellit lokusu ile karakterize edilen alel büyüklükleri (bp)

No	Genotipler	VVMD7	VVMD7	VVMD27	VVMD27	ZAG 79	ZAG 79
		F	R	F	R	F	R
1	Tayfi	238	250	187	195	246	256
2	Kome	238	246	183	195	238	254
3	Deyvani	238	246	183	187	248	248
4	Drejik	246	246	179	195	246	246
5	Rojik	238	250	179	195	248	256
6	Zorafa	242	246	185	185	248	248
7	Tatlı Siyah	238	248	179	195	248	256
8	Ekşi Siyah	238	246	181	195	238	254
9	Şırnak Siyahı	248	248	183	195	242	258
10	Zeyti	238	238	187	195	250	256
11	Hamrani	242	246	185	185	246	246
12	Bennitati	234	240	181	185	244	244
13	Bleke	248	248	179	185	248	256
14	Beyaz Musabbak	232	238	179	183	248	248
15	Musambbak	248	248	185	195	246	254
16	Beyaz Korfaki	238	246	185	195	242	248
17	Triyeşfi	238	238	185	195	248	254
18	Gevruk	238	246	181	187	248	248
19	Gemre	246	246	179	195	246	254
20	Şitvi	232	238	185	195	246	254
21	Katırnefs	238	238	185	195	248	254
22	Lehdo	232	238	179	183	244	244
23	Atf	238	246	181	187	248	248
24	Verdani	232	238	183	195	248	256
25	Havinik	238	238	183	195	248	248
26	Boker	246	246	181	195	242	258
27	Bakari	238	246	181	185	242	254
28	Kunduri	246	246	181	195	248	254
29	Skori	246	246	179	195	246	254
30	Ermenia	238	246	183	187	246	246
31	Res Bahititi	246	246	179	179	244	244
32	Reş Paizi	238	238	185	195	248	254
33	Ağ üzümü	246	246	195	195	254	254
34	Ağ Parmağı	238	246	195	195	254	254
35	Kara	238	248	195	195	250	254
36	Bezdo	248	248	185	185	244	248
37	Bülbülzaki	238	238	179	185	244	244
38	Pelurik	246	246	179	195	244	244
39	Künefi	242	246	183	183	246	246
40	Derfuke	246	246	179	195	244	244
41	Musaki	238	248	179	195	244	254
42	Tuha-Mebi	246	246	195	195	244	254
43	Beşirhane	246	246	179	195	246	254
44	Kokarpaizi	246	264	191	191	240	256
45	CS	236	236	175	189	246	246
46	M	236	244	189	191	258	258

CS: Cabernet Sauvignon, M: Merlot, F: Forward, R: Reverse

Çalışma kapsamında genotipler arasında aynı genotip (isimler ve SSR lokuslarına ait alel büyüklükleri benzer), sinonim (farklı isimlere sahip ancak genetik olarak benzer) ve homonim (aynı isme sahip ancak genetik olarak farklı) durumları analiz edilmiştir.

SSR lokuslarında değerlendirilen genetik parametreler; alel miktarları, beklenen ve gözlenen heterozigotluk oranları, tanımlama olasılık değerleri (PI) ve sessiz (null) alel frekansları Tablo 4’te detaylandırılmıştır.

Tablo 4: SSR lokuslarına ait alel sayıları, beklenen (He) ve gözlenen (Ho) heterozigotluk oranları, tespit olasılık değerleri ve null (sessiz) alel frekansları

Lokuslar	Alel Sayıları (n)	Beklenen Heterozigotluk (He)	Gözlenen Heterozigotluk (Ho)	Tespit olasılığı (PI)
VVS2	11	0.842	0.673	0.075
ZAG62	7	0.781	0.519	0.150
VVMD5	10	0.843	0.730	0.061
VVMD7	11	0.740	0.500	0.138
VVMD27	9	0.786	0.750	0.122
ZAG79	10	0.838	0.538	0.087
Ortalama	9.66	0.805	0.618	0.105

Elde edilen verilere göre; en yüksek alel miktarı 11 ile VVS2 ve VVMD27 primerlerinde tespit edilmiş olup, en düşük alel miktarı ise 7 ile ZAG63 lokusunda gözlemlenmiştir. Diğer lokuslarda ise alel sayıları 9 ile 10 arasında değişmiştir. Beklenen heterozigotluk (He) ve gözlenen heterozigotluk (Ho) değerlerinin ortalamaları sırasıyla 0.805 ve 0.618 olarak hesaplanmıştır. Lokus bazında He değerleri 0.740 ile 0.843, Ho değerleri ise 0.500 ile 0.750 arasında değişim göstermiştir.

Tanımlama olasılığı (PI) değerleri, Sefc vd. (2001)’nin belirttiği 0.05 eşliğinin üzerinde bulunmuş, null (sessiz) alel frekansları ise çoğunlukla sifra yakın seviyelerde tespit edilmiştir. Bu bulgular, genetik çeşitliliğin ve heterozigotluk seviyesinin başarılı bir şekilde ortaya konduğunu göstermektedir.

Herbir lokusta alel sayılarına ait olan oranları gösteren frekans değerleri Tablo 5’te verilmiştir.

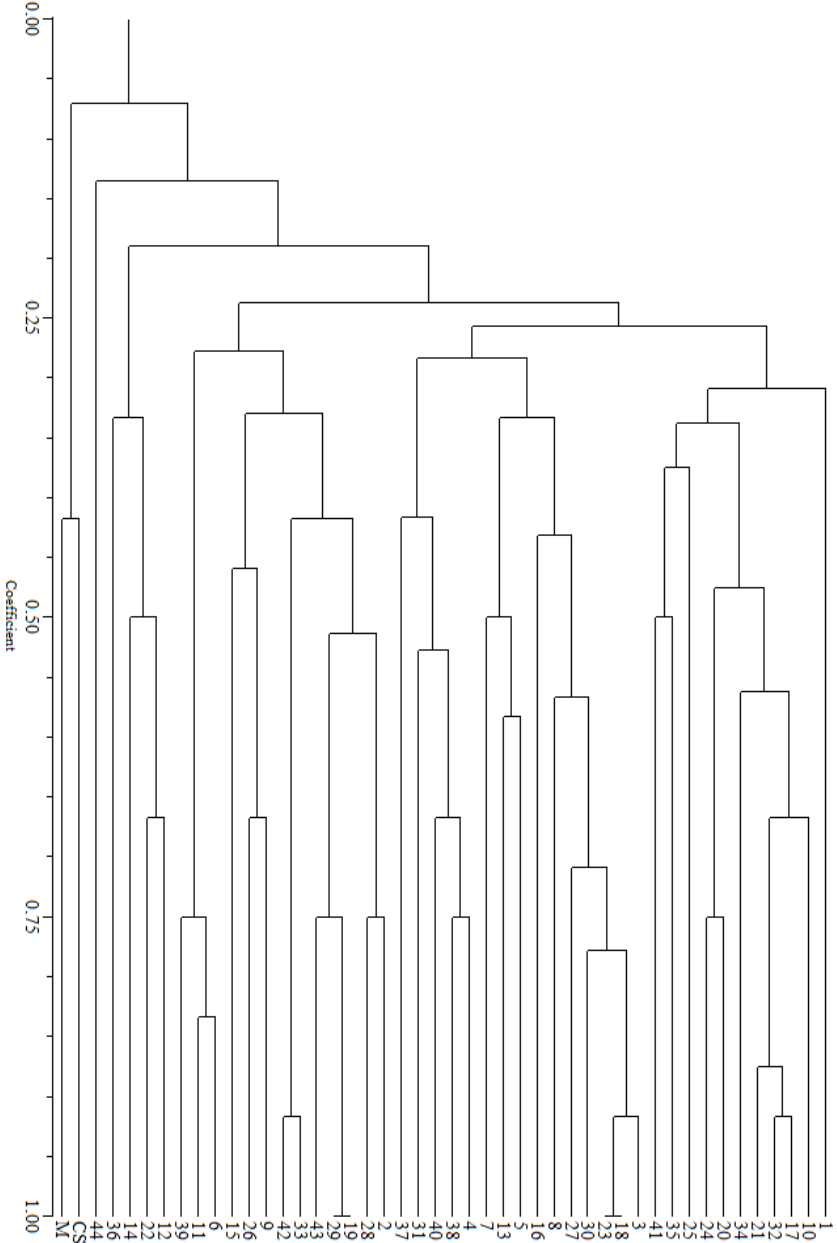
Tablo 5: Primere ait alel frekansları (AF)

VVS2	AF	ZAG 62	AF	VVMD5	AF
125	0.07692	188	0.29808	223	0.01923
133	0.27885	192	0.19231	225	0.21154
135	0.08654	194	0.08654	227	0.10577
139	0.01923	196	0.24038	229	0.00962
141	0.02885	198	0.00962	231	0.02885
143	0.17308	200	0.16346	233	0.17308
145	0.03846	204	0.00962	235	0.22115
149	0.16346			237	0.05769
151	0.03846			239	0.05769
153	0.02885			245	0.11538
155	0.06731				
125	0.07692	188	0.29808	223	0.01923
VVMD7	AF	ZAG79	AF	VVMD27	AF
232	0.04808	175	0.00962	238	0.01923
234	0.00962	179	0.18269	240	0.00962
236	0.02885	181	0.07692	242	0.07692
238	0.30769	183	0.09615	244	0.16346
240	0.00962	185	0.16346	246	0.19231
242	0.02885	187	0.05769	248	0.21154
244	0.00962	189	0.01923	250	0.01923
246	0.36538	191	0.02885	254	0.20192
248	0.16346	195	0.36538	256	0.06731
250	0.01923			258	0.03846
264	0.00962				
232	0.04808	175	0.00962	238	0.01923
234	0.00962	179	0.18269	240	0.00962

Markörler bazında değerlendirildiğinde, alellerin frekansları açısından en yüksek değerler VVS2 marköründe 143 aleli, ZAG2 marköründe 188 aleli, VVMD5 marköründe 235 aleli, VVMD7 marköründe 246 aleli, VVMD27 marköründe 195 aleli ve ZAG79 marköründe 248 aleli olarak belirlenmiştir.

Lokuslarda en sık gözlenen aleller incelendiğinde, VVS2 marköründe 0.27885 alel frekansı ile 133, ZAG2 marköründe 0.29808 alel frekansı ile 188, VVMD5 marköründe 0.22115 alel frekansı ile 235, VVMD7 marköründe 0.36538 alel frekansı ile 246, VVMD27 marköründe 0.36538 alel frekansı ile 195 ve ZAG79 marköründe 0.03846 alel frekansı ile 248 aleli en yüksek frekans değerlerini vermiştir. Bu aleller, genotipler arasında en sık gözlenen aleller olarak öne çıkmıştır.

Genotiplerin genetik ilişki dendogramı Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3: Genotiplerin genetik ilişki dendogramı

En yüksek benzerlik oranı; % 91.7 ile Triyeşfi (17) - Reş Paizi (32), Deyvani (3) - Gevruk (18) - Atf (23), Ağ Üzümü (33) - Tuha-Mebi (42) genotipleri arasında görülmüştür. Ayrıca bunları % 83.3 oranı ile Triyeşfi (17) - Katırnefs (21), Zorafa (6) - Hamrani(11) ve % 75 oranı ile Drejik (4) - Pelurik (38) genotipleri takip etmiştir.

İllerin genelinde genotiplerin dendrogram dağılımı değerlendirildiğinde heterojen bir dağılım gösterdiği gözlenmiştir (Şekil 3). Referans olarak kullanılan iki genotip bağımsız bir dallanma gösterirken, yerel genotiplerin tamamına yakını kendi içerisinde 2 ayrı dallanma göstermiştir. Kokarpaizi (44) genotipi farklı bir dallanma ile onlardan ayrılmış ve kendi içerisinde 2 farklı dallanma göstermiştir. Aynı genotip veya homonim durumları saptanmamış; ancak toplamda iki sinonim grup belirlenmiştir: Gevruk(18) - Atf (23) ve Gemre (19) - Skori (29). Sinonim genotipler, aynı genotipin farklı isimlerle hatalı olarak adlandırıldığını göstermiştir. Çalışmada, referans çeşit olarak kullanılan Cabernet Sauvignon ve Merlot üzümleri, önceki araştırmalarda da (Bowers vd., 1999; This vd., 2004; Şelli vd., 2007; Karatas vd., 2019a; Karatas vd., 2019b) benzer amaçlarla kullanılmıştır. Tam benzerlik gösteren sinonim gruplar dışında, genotipler arasında en yüksek benzerlik oranları %91.7 ile Triyeşfi (17) - Reş Paizi (32), Deyvani (3) - Gevruk (18) - Atf (23), Ağ Üzümü (33) - Tuha-Mebi (42) genotipleri arasında tespit edilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi asma genetik varlığının belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda, SSR markörlerinin kullanımıyla genotiplerin homonimlik ve sinonimlik durumları çeşitli seviyelerde değerlendirilmiştir (Karaağaç, 2006; Karataş vd., 2007; Karataş, 2019; Karataş vd., 2019a; Karataş vd., 2019b). Diyarbakır iline ait 43 genotipin dendrogramı, her grup çok sayıda alt grubu içeren 5 ayrı gruba dallanmıştır. Cabenet Sauvignon ve Merlot referans genotipler olarak çalışmamızla uyumlu olarak ayrı bir alt gruba sınıflandırılmıştır ve diğer 43 genotipten ayrılmıştır. Benzerlik indeksi 1.000 olan genotipler, dendrogramda eşanlamlı çeşitler olarak sınıflandırılmıştır. Genel olarak, dendrogram, Diyarbakır'dan toplanan genotiplerin belirgin şekilde farklı olmadığını, hatta birbirleriyle yakın ilişki gösterdiğini ortaya koymuştur. Çalışma sonucunda çok sayıda sinonim ve homonimlik durumu ortaya çıkmıştır (Karatas vd., 2019a). Şanlıurfa'ya ait 50 genotip benzerlik indeksi analizinde her biri birkaç alt gruptan oluşan 6 ayrı gruba dallanmıştır: Grup I'de 8, Grup II'de 4, Grup III'te 11, Grup IV'te 9, Grup V'te 10 ve Grup

VI'da 8 alt grup oluşmuştur. İki referans genotip olan, Cabernet Sauvignon ve Merlot ise çalışma sonuçlarımızla uyumlu olarak Grup V içinde ayrı bir alt gruba sınıflandırılmıştır. Şanlıurfa genotipleri 17 sinonim ve 8 homonim olarak tanımlanmıştır (Karatas vd., 2019b). Gerek önceki çalışmalar gerekse de mevcut çalışma, Güneydoğu Anadolu Bölgesi asma genetik kaynakların doğru tanımlanması, genetik ilişki düzeyinin netleştirilmesi ve aynı adla anılan ancak farklı genotiplerin ayıklanması açısından kritik bir öneme sahiptir.

4. SONUÇ

SSR markörleri kullanılarak elde edilen bu çalışma sonuçları ile Mardin, Siirt ve Şırnak illeri bakımından Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan asma genetik kaynaklarına bir katkı yapılmıştır. Çalışmada elde edilen veriler, Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Asma Gen Kaynakları Koleksiyonu'ndaki genotiplerin daha net karakterize edilmesine, ulusal koleksiyon bağında yer alan genotiplerin yeniden değerlendirilip düzenlenmesine ve ileride gerçekleştirilecek ıslah çalışmalarına önemli bir temel sağlayacağı düşünülmektedir.

Teşekkür: Çalışma, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından 12/A01/P01/006 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- Agarwal, M., Shrivastava, N., & Padh, H. (2008). Advances in molecular marker techniques and their applications in plant sciences. *Plant Cell Reports*, 27(5), 617-631
- Bowers, J. E., Boursiquot, J. M., This, P., Chu, K., Johanssen, H., & Meredith, C. (1999). Historical Genetics: The parentage of Chardonnay, Gamay and other wine grapes of Northeastern France. *Science*, 285, 1562-1565.
- Fatahi, R., Ebadi, A., Bassil, N., Mehlenbacher, S.A., & Zamani, Z. (2003). Characterization of Iranian grapevine cultivars using microsatellite markers. *Vitis*, 42(4): 185-192.
- Güler, S., Kunter, B., & Keskin, N. (2024). Üzümde katma değer: Ürün değerlendirme şekilleri ve küresel rekabet. *Uluslararası Katma Değeri Yüksek Tarımsal Ürünler Kongresi*, 1-3 Aralık 2024, Iğdır, Türkiye.
- Grover, A., & Sharma, P. C. (2016). Development and use of molecular markers: Past and present. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(3), 290–302.
- Ibanez, J., Andrés, M.T., Molino, A., & Borrego, J. (2003). Genetic study of key Spanish grapevine varieties using microsatellite analysis. *American Journal of Enology and Viticulture*, 54(1): 22-30.
- Jaillon, O., Aury, J. M., Noel, B., Policriti, A., Clepet, C., Casagrande, A., Choisne, N., Aubourg, S., Vitulo, N., Jubin, C., & French-Italian Public Consortium for Grapevine Genome Characterization. (2007). The grapevine genome sequence suggests ancestral hexaploidization in major angiosperm phyla. *Nature*, 449(7161), 463-467.
- Karaağaç, E. (2006). Gaziantep İli Asma Gen Potansiyelinin SSR (Simple Sequence Repeats) Markörlerle Moleküler Analizi (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karataş, H. (2019). SSR analysis of some synonyms and homonyms of grape cultivars (*Vitis vinifera* L.) growing in Southeastern Turkey. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(4), 9785-9793.
- Karataş, H., Değirmenci, D., Velasco, R., Vezzulli, S., Bodur, Ç., & Agaoglu, Y.S. (2007). Microsatellite fingerprinting of homonymous grapevine (*Vitis vinifera* L.) varieties in neighboring regions of South-East Turkey. *Scientia Horticulturae*, 114, 164-169.
- Karataş, H., Karaağaç, E., Karataş, D., & Ağaoglu, S. (2019a). Molecular analysis of grapevine germplasm by SSR (simple sequence repeats) in Diyarbakir province, Turkey. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(2), 3927-3939.
- Karatas, H., Karaagac, E., Karatas, D., & Agaoglu, S. (2019b). Genetic characterization of grapevine germplasm (*Vitis vinifera* L.) by SSR (simple sequence repeats) in

- Sanliurfa province, South-East Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(5), 3835-3842.
- Lefort, F., Lally, M., Thompson, D., & Douglas, G.C. (1998). Morphological traits microsatellite fingerprinting and genetic relatedness of a stand of elite oaks (*Q. Robur L.*) at Tuallynally, Ireland. *Silvae Genetica*, 47, 5-6.
- Lin, H., & Walker, M. A. (1998). Identifying grape rootstocks with simple sequence repeat (SSR) DNA markers. *American Journal of Enology and Viticulture*, 49(4), 403-407.
- Lopes, M. S., Sefc, K. M., Eiras Dias, E., Steinkellner, H., Laimer Câmara Machado, M., & Câmara Machado, A. D. (1999). The use of microsatellites for germplasm management in a Portuguese grapevine collection. *Theoretical and Applied Genetics*, 99, 733-739.
- Pei, D., Song, S., Kang, J., Zhang, C., Wang, J., Dong, T., ... & Fang, J. (2023). Characterization of simple sequence repeat (SSR) markers mined in whole grape genomes. *Genes*, 14(3), 663.
- Rohlf, F. (1988). NTSYS-PC Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, Version 2.0. Setauket, NY, USA: Exeter Publishing, Ltd.
- Schlötterer, C. (2004). The evolution of molecular markers-just a matter of fashion? *Nature Reviews Genetics*, 5(1), 63-69.
- Sefc, K. M., Lefort, F., Grando, M. S., Scott, K. D., Steinkellner, H., & Thomas, M. R. (2001). Microsatellite markers for grapevine: a state of the art. *Molecular Biology & Biotechnology of the Grapevine*, 433-463.
- Söylemezoğlu, G., Çelik, H., Kunter, B., Ünal, A., Özer, C., Kiracı, M.A., Akkurt, M., Boz, Y. & Karaman, H.T. (2020). Bağcılıkta mevcut durum ve gelecek, *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi*, 13-17 Ocak, 2020, (609-645), Ankara, Türkiye.
- Şelli, F., Bakır, M., Inan, G., Aygün, H., Boz, Y., Yaşasın, A. S., ... & Ergül, A. (2007). Simple sequence repeat-based assessment of genetic diversity in Dimrit and Gemre grapevine accessions from Turkey. *Vitis*, 46(4), 182-187.
- This, P., Jung, A., Boccacci, P., Borrego, J., Botta, R., Costantini, L., ... & Maul, E. (2004). Development of a standard set of microsatellite reference alleles for identification of grape cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, 109, 1448-1458.
- Vouillamoz, J. F., McGovern, P. E., Ergul, A., Söylemezoğlu, G., Tevzadze, G., Meredith, C. P., & Grando, M. S. (2006). Genetic characterization and relationships of traditional grape cultivars from Transcaucasia and Anatolia. *Plant Genetic Resources*, 4(2), 144-158.

BÖLÜM 5

CRISPR TEKNOLOJİSİ VE BİTKİ ISLAHINDA KULLANIMI

Zir. Yük. Müh. Yasemin LEVENT^{1*}

Zir. Yük. Müh. Asuman GÜNDOĞDU BAKIR²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14576025>

¹Kayısı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Tarım ve Orman Bakanlığı, Malatya-Türkiye
ORCID ID: <https://orcid.org/000-0002-1951-8788>

²GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Tarım ve Orman Bakanlığı, Şanlıurfa-Türkiye
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0870-3045>

*sorumlu yazar: yaseminlvnt07@gmail.com

1. GİRİŞ

Bugün hızla değişen olumsuz çevre koşulları, tarım arazilerinin yetersizliği, su kıtlığı ve artan küresel nüfus gibi faktörler göz önünde bulundurulduğunda, gelecek nesiller için gıda güvensizliği öngörülen problemlerden biridir. Bununla başa çıkabilmek için, birim alandan daha verimli ve daha kaliteli ürünler elde etmek, çeşitli stres faktörlerine ve hastalıklara karşı dayanıklı çeşitler geliştirmek zorunlu hale gelmiştir. Bu amaçlar doğrultusunda geleneksel ıslah programları yürütülmektedir. Bugünün teknolojisiyle biyoteknoloji alanındaki hızlı gelişmeler sonucunda, bitki ıslahında yeni çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışmalar arasında en popüler olanı genom düzenleme tekniğidir.

Genom düzenleme veya gen düzenleme genomdaki belirli bir lokusta tam ve etkili değişiklikler yapmayı sağlayan ileri moleküler biyoloji tekniklerini içeren bir uygulamadır. Bu süreçte, hücredeki DNA'nın doğal yapısında bulunan diziyeye özgü nükleazlar (DNA kesen enzimler) kullanılır. Bu enzimler, "tasarlanmış nükleazlar" olarak da bilinir ve herhangi bir organizmanın genomunda istenilen DNA dizisinde ekleme, çıkarma veya parça değişikliği yaparak genetik değişiklikler oluşturur (Demirel vd., 2020; Soysal, 2021). Rastgele eklemeler ve genellikle rastgele fenotipler oluşturan transgenik yöntemlerin aksine, genom düzenleme teknikleri belirli ve tanımlanmış mutantlar (genetik değişikliklere sahip organizmalar) üretir. Bu nedenle, genomu düzenlenmiş bitkiler istenilen özellikleri taşıyan DNA'ları içerdiği için transgenik bitkilere göre avantajlıdır (Malzahn vd., 2017).

Bitki genomu düzenlemesi için en yaygın kullanılan araçlar,

1- Çinko Uzantılı Nükleazlar (Zinc Finger Nuclease; ZFN),

2-Transkripsiyon Aktivatör Benzeri Nükleazlar (Transcription Activator Like Effector-based Nucleases; TALEN),

3-Düzenli Aralıklarla Bölünmüş Palindromik Tekrar Kümeleri (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats: CRISPR-Cas) (Soysal, 2021).

Bu sistemler arasındaki başlıca fark özgüllükleri ve verimlilikleridir (Gaj vd., 2013). ZFNler ve TALEN'ler mühendislik ile tasarlanmış nükleazlardır ve

bunlar protein–DNA etkileşimine dayanarak çalışır. Öte yandan, CRISPR/Cas sistemi RNA–DNA bağlantısına dayanır (Abdallah vd., 2015). ZFNler ve TALEN'ler ile sentezlenen nükleazlar birçok genomik bölgeyi hedeflemeye imkân verse de, bu tekniklerin bitki genom düzenlemesinde kullanımını sınırlıdır (Puchta, 2017). Şu anda, CRISPR araştırma bilimcilerinin canlı organizmaların DNA'sını seçici olarak değiştirmek için kullandığı en önemli teknolojidir. CRISPR bakterilerde doğal olarak bulunan genom düzenleme sistemlerinden laboratuvar kullanımına uyarlanmıştır.

CRISPR/Cas9 tekniği yaygın ve birçok avantaja sahip bir tekniktir. Bu avantajlar arasında zaman verimliliği, düşük düzenleme maliyeti, olağanüstü adaptasyon kabiliyeti ve birden fazla genin aynı anda yönlendirilmesi yer alır (Braatz vd., 2017). Bu, klasik yöntemlerle ilerlemesi zor olan birçok poliploit bitki türünün ıslahında büyük bir değer taşır ve monoalelik ve bialelik mutasyonların yanı sıra, ilk nesilde alelik fenotip dizilerini oluşturma imkânı sunar; bu klasik ıslah yöntemleriyle tipik olarak mümkün değildir. Bu teknik daha verimli ve çok yönlü bir genom düzenleme tekniğidir (Hsu vd., 2014). TALENler ve ZFNlere kıyasla basit, verimli ve maliyet açısından etkilidir ve aynı anda birden fazla genomu düzenlemek için kullanılır (Cong vd., 2013; Mali vd., 2013). Olumlu özellikleri sayesinde, bu sistem birçok bitki türü için kullanılmaktadır ve bu tekniğin uygulanması bitki ıslahında karşılaşılan birçok soruna en iyi çözümü sunmaktadır (Nekrasov vd., 2013; Shan vd., 2013; Gao, 2018).

CRISPR-Cas9 sistemi biyolojik bilimlerde yeni bir dönemin başlangıcını işaret etmektedir. İlk olarak bakteri ve arkealar gibi prokaryotlarda keşfedilen ve bakteriyofaj enfeksiyonları, istilacı plazmidler ve yabancı nükleik asitlere karşı hücreyi korumayı amaçlayan RNA ve protein tabanlı bir sistemdir. DNA dizilerini kolay ve hassas bir şekilde yerleştirme, çıkarma ve düzenleme yeteneği tıp, enerji ve çevre gibi geniş bir biyoteknoloji yelpazesinde bilim çevrelerinin ilgisini çekmektedir (Erdemliköse vd., 2020).

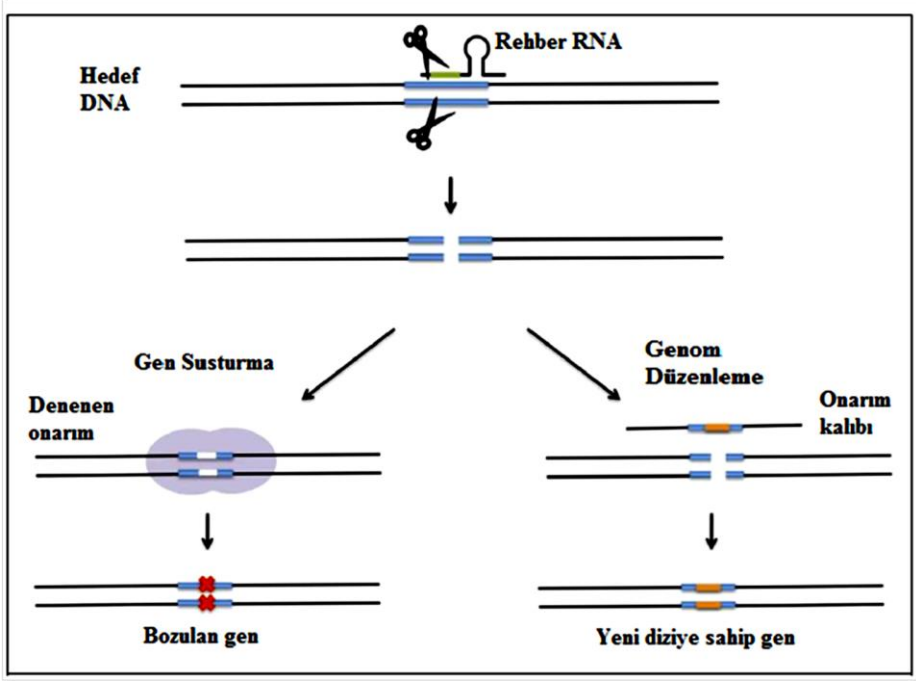
2. CRISPR/Cas

CRISPR/Cas prokaryotlarda ve arkealar gibi mikroorganizmaların kendi DNA'larını korumak için geliştirdikleri bağışıklık sisteminin bir parçasıdır. Bu sistem hücreye giren yabancı DNA'yı tanıyıp, kendi DNA'sını değiştirmeden bu yabancı DNA'yı yok eder. Yabancı DNA'yı genetik dizisini hedef alarak keser ve böylece mikroorganizmaları virüsler gibi zararlı nükleik asitlerden korur (Akbudak ve Kontbay, 2017).

Prokaryotik genomda yaygın olarak bulunan CRISPR DNA bölgesi, farklı Cas proteinlerini kodlayan *Cas* genlerini, genlerin çalışmaya başlaması için gerekli olan başlangıç dizisini (leading sequence), tekrar eden dizileri ve bu tekrar dizileri arasındaki "spacer" adı verilen dizileri içerir (Karimi vd., 2018). *Cas* genleri CRISPR lokusunun yukarısında yer alır ve istilacı genetik materyallere karşı savunma için Cas proteini kodlar (Bhaya vd., 2011).

CRISPR mekanizması Cas proteinlerinin farklılığına, CRISPR bölgelerinin çokluğuna ve CRISPR/Cas sisteminin horizontal transfer yoğunluğuna göre 3 sınıfa ayrılmıştır. Bunlar; Tip-1, Tip-2 ve Tip-3'tür. CRISPR sisteminde öne çıkan ve antiviral olarak en çok çalışan Tip-2 türüdür. CRISPR-Cas9 genom düzenleme tekniği Tip 2 adı verilen CRISPR sistemi ile gerçekleştirilmektedir. Cas9 (CRISPR associated protein9/CRISPR ile ilişkili Protein 9) tabiri ise CRISPR dizilerini tamamlayıcı olan spesifik DNA dizilerini tanımak ve parçalamak için bir kılavuz olarak kullanılan enzimleri ifade etmektedir.

CRISPR/Cas9 sistemi RNA rehberliğinde çalışan bir genom düzenleme aracıdır ve bir Cas9 nükleazı ile bir tek kılavuz RNA'dan (sgRNA) oluşur (Tablo 1). sgRNA DNA hedef dizisiyle baz eşleşmesi yaparak Cas9'un belirli bir hedef DNA dizisini tanımasını ve kesmesini sağlar (Şekil 1). Bu süreç çift zincir kırıkları oluşturarak hücresel onarım mekanizmalarını tetikler ve bu kırıkların olduğu veya yakınındaki bölgelerde mutasyonlara yol açar.



Şekil 1: CRISPR/Cas9 sistemi çalışma mekanizması (Ghimire, 2017).

İlk olarak, CRISPR içeren organizmalar yabancı nükleik asidi tanır ve istilacı bakteriyofajlardan ve plazmidlerden küçük DNA parçaları alır. Konakçı bu DNA parçalarını CRISPR lokusuna ekler ve bunlar kısa DNA tekrarları arasında "spacer" (aralık) olarak yer alır. DNA parçalarının alınıp eklenmesi için Protospacer Adjacent Motifleri (PAM'ler) olarak isimlendirilmiş, korunan kısa nükleotit dizileri kullanılır (Kumar ve Jain, 2014). Cas proteinleri bu spacer'ları içeren CRISPR'i transkribe eder ve pre-CRISPR RNA'ları (pre-crRNA'lar) oluşturur. Bu RNA'lar kesildikten ve olgunlaştıktan sonra CRISPR RNA'larına (crRNA) dönüşür (Tablo 1). Bu crRNA'lar önceki yabancı nükleik asitlerden gelen spacer dizilerini içerir ve bu diziler istilacı genoma karşı tanıma ve kesme işlemi yaparak konak hücrenin korunmasına yardımcı olur (Wang vd., 2016). Bakterilerin, yabancı DNA parçalarını alıp bunları tanıyıp yok etmeleri CRISPR/Cas9 sistemini kazanılmış ve kalıtsal bir savunma sistemi haline getirir (Bhaya vd., 2011).

Tablo 1: CRISPR genom düzenleme bileşenleri ve işlevleri (Soysal, 2021).

Bileşen (component)	İşlev (function)
crRNA	CRISPR RNA'ları ifade eder. Küçük, olgun RNA'lardır. Aktif bir kompleks oluşturan tracrRNA'ya bağlanan (genellikle bir saç tokası/hairpin halka formunda) bir bölge ile birlikte konakçı DNA'nın doğru segmentini bulan kılavuz RNA'yı içerir.
tracrRNA	TRANS-AKTİVE EDİCİ crRNA'lardır. TracrRNA, crRNA'ya bağlanır ve aktif bir kompleks oluşturur.
sgRNA	SINGLE-GUIDED RNA. Tek kılavuzlu RNA'lar, bir tracrRNA ve en az bir crRNA'dan oluşan bir kombine RNA'yı ifade eder.
dsRNA dsDNA	DOUBLE STRANDED RNA/DNA. Çift zincirli RNA/DNA. Çift sarmallı RNA virüsleri (dsRNA virüsleri), ribonükleik asitten yapılmış çift sarmallı genomlara sahip polifilik (polyphyletic) bir virüs grubudur. Çift sarmallı genom, viral RNA'ya bağımlı RNA polimeraz (RdRp) tarafından pozitif sarmallı bir RNA'yı kopyalamak için kullanılır.
Cas9	Aktif formu DNA'yı değiştirebilen enzimi ifade eder. Her enzimin DNA bölgesi tanıma işlevi nedeniyle farklı işlevlere sahip birçok varyant (yani tek sarmallı kesme, çift sarmal kırma, DNA bağlanması/DNA binding) mevcuttur.
Onarım Şablonu (repair template)	Cas9 tarafından kırılmış konakçı segmente spesifik bir DNA sekansının eklenmesine izin veren, konakçı hücrenin DNA onarım sürecinde bir şablon olarak kullanılan DNA molekülünü ifade eder.

CRISPR/Cas9 sistemi, (sgRNA) kılavuz RNA teknolojisi kullanılarak bitkilerde hastalıklara karşı direnç oluşturmak için kullanılabilir. sgRNA, crRNA ile trans-kodlanmış CRISPR RNA'nın (tracrRNA) birleşiminden oluşur (Qi vd., 2013). Cas9 proteini, sgRNA ile birleşerek RNA ile yönlendirilen bir nükleaz oluşturur. Bu nükleaz, hedef genomdaki belirli bir diziyi kesmek ve düzenlemek için çalışır (Jinek vd., 2012). sgRNA-Cas9 kompleksinin belirli bir

hedef üzerinde kesme işlemini yapabilmesi, kılavuz RNA'daki önceden tasarlanmış yaklaşık 20 baz uzunluğundaki dizilere bağlıdır. Bu diziler, hedef DNA'ya uygun şekilde bağlanarak kılavuz RNA'nın DNA zincirine yapışmasını sağlar (Kumar & Jain, 2014; Wang vd.,2016)

Keşfedildiği günden bu yana CRISPR/Cas9 sistemi genom düzenleme alanında devrim yaratmış ve günümüzde farklı tarım bitkilerinin genomlarını düzenlemek için yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. CRISPR/Cas9 sistemi, en basit yapıyı içerdiği için genom düzenlemede en büyük potansiyele sahip olanıdır.

CRISPR/Cas savunma sisteminde bağışıklık yanıtının oluşabilmesi için adaptasyon, ekspresyon ve girişim aşamalarının tamamlanması gerekmektedir. Adaptasyon bakteri hücre içerisine giren viral nükleik asit dizisinin bakteri genomunda yer alan CRISPR adı verilen DNA bölgesine yerleştirilmesi aşamasıdır. Ekspresyon CRISPR lokusunun transkripsiyonu sonucunda öncül bir crRNA oluşturulması ve bu crRNA'ların cas proteinleri aracılığıyla işlenerek olgun bir crRNA molekülü oluşturulmasıdır. Girişim ise saldırganın tanınıp yok edilmesi aşamasıdır. Bu aşamada crRNA molekülleri ve cas proteinleri kullanılır ve yabancı genomik dizin kesilerek parçalanır (Demirel vd., 2020; Güney ve Özbayer, 2022).

2.1. CRISPR/Cas9'un Tarım Bitkilerinde Kullanımı

Tarım bitkilerinin geliştirilmesi verim artışı, zararlılara ve hastalıklara direnç, çeşitli abiyotik streslere tolerans, raf ömrü, işleme kalitesi, estetik değer, besin değeri gibi bazı önemli alanlara odaklanmaktadır. Bu özelliklerin bazıları monojenik, bazıları ise polijenik ve karmaşıktır, dolayısıyla onları geleneksel ıslah yöntemleriyle geliştirmeyi zor ve zaman alıcı hale getirir. CRISPR/Cas9 ile bitki genomunda birden fazla geni mutasyona uğratmak mümkün olup, aynı zamanda homolog rekombinasyon (HR) yoluyla birden fazla genin eklenmesi de mümkündür. CRISPR/Cas9 ile virüs direnci Cas9 geninin ve viral DNA'ya özgü bir sgRNA'nın bitkiye transfer edilmesiyle geliştirilmiştir (Ali vd., 2015). Benzer şekilde, bitkilere tüm virüslerin genetik bölgelerini hedef alan birden fazla sgRNA ekleyerek geniş bir spektrumda virüs direnci geliştirilebilir. Bu yöntem, virüs direncinin mevcut genetik kaynaklarda bulunmadığı birçok tarım bitkisi için büyük bir fayda sağlayacaktır. Ayrıca, prokaryotların tüm CRISPR

sistemini yabancı DNA'yı tanımak için gerekli diğer genlerle birlikte bitkilere aktararak bitkilerde virüslere karşı bağışıklık geliştirilmesi de mümkün olabilir. Bu şekilde viral genomlardaki sürekli değişiklikler nedeniyle bitkilerdeki virüs direncinin sık sık kırılmasını engelleyebilir.

Duyarlılık geninin ifadesinin ortadan kaldırılması hastalık direnci geliştirmek için bir yöntemdir, ancak burada duyarlılık geninin dizi bilgisi gereklidir. Direnç ve duyarlılık genleri hakkında dizi bilgisi mevcut olan bitkilerde duyarlılık geninin aynı anda silinmesi ve silinen bölgeye direnç geninin eklenmesi sağlanabilir. Ayrıca, HR yoluyla çoklu gen transferi, model bitkilere faydalı fitokimyasallar sentezlemek için tüm biyosentez yollarının eklenmesine olanak tanır. Böylece, CRISPR/Cas9 ile metabolik mühendislik kolayca yapılabilir ve bu da çok önemli besin ve sağlık artırıcı faktör kaynağı olan sebzeler, meyveler ve tıbbi bitkilerde iyileştirmeler yapılmasını sağlar. Önemli fenolik bileşiklerden olan antosiyaninlerin biyosentezi bu bileşiklerin sentezinde yer alan bazı genlerin değiştirilmesiyle artırılabilir (Xiong vd., 2015).

sgRNA'nın bağlanma bölgesi olarak kullanılması sayesinde, bakteriyel DNA'nın belirli dizileri düzenlenebilir ve faglar gibi yabancı DNA'lar RNA tarafından yönlendirilen nükleaz ile diziyeye özgü bir şekilde kesilebilir (Chaparro-Garcia vd., 2015). Kılavuz RNA DNA'ya bağlanır ve RNA'daki önceden tasarlanmış diziler Cas9 enzimini DNA zincirlerini doğru noktalarda kesmesi için yönlendirir. Bu kesme işlemi hedef DNA'da gerekli dizilerin çıkarılması veya eklenmesiyle devam eder (Wang vd., 2016). Bu yöntem sgRNA ve Cas9'un hedef hücrelere aktarılması yoluyla bitkilerde belirli hastalıklara karşı direnç geliştirmek için kullanılabilir. Gen düzenleme hastalık direnci artırılmış verim veya geliştirilmiş besin içeriği gibi özelliklerle ilişkilendirilen belirli genleri tanıtmak veya değiştirmek için kullanılabilir (Liu vd., 2021).

CRISPR/Cas9 tekniği ileri düzey ve güvenilir gen düzenleme araçlarıyla etkili tarım geliştirme programlarına duyulan acil ihtiyacı karşılamaktadır (Zhang ve Zhou, 2014). Bu teknik hedef DNA'da hedef dizinin çıkarılması ve istenen genin eklenmesiyle mutasyon yaratır. Çoklu gen düzenlemesine ve büyük gen silinmesine olanak tanıyarak bitki ıslahında ilerlemeye katkı sağlar (Khatodia vd., 2016). Bitki genomunda yapılan bu hassas modifikasyon kalıcı

olarak aktarılabilir ve Cas9/sgRNA transgeni çıkarılarak bitkiler sonraki nesillerde ürün çeşidinin daha fazla iyileştirilmesi için transgen içermeyen hale getirilebilir (Xu vd., 2015).

Çalışma pirinç, domates ve *Arabidopsis*'te CRISPR/Cas9 transgeni ile indüklenen mutasyonların kalıtılabilirliğini bildirmiştir (Belhaj vd., 2015). Bu teknik kullanılarak belirli viral, bakteriyel ve zararlılara karşı direnç sağlayan transgen modifikasyonları bitki genomuna entegre edilebilir ve bu da bitkilerin belirli virüs veya hastalıklara karşı dirençli ardışık nesiller üretmesini sağlar (Wang vd., 2014). CRISPR/Cas9 sisteminden kaynaklanan mutasyon stabil ve kalıtılabilir. Bu mutasyon Cas9/sgRNA'dan kolayca ayrılabilir ve böylece Cas9/sgRNA tarafından yapılan daha fazla modifikasyondan kaçınılır. Bu şekilde yalnızca bir nesil içinde transgen içermeyen soyların gelişmesine olanak tanır (Zhang & Zhou, 2014; Zhang vd., 2014). CRISPR/Cas9 ile mutasyon yaparak ve F1 neslinde kendi kendine döllenme ile transgeni ayırıştırarak istenen genlere sahip transgen içermeyen pirinç geliştirildiği rapor edilmiştir (Xu vd., 2015). Hastalıklara dirençli bitkiler geliştikten sonra Cas9/sgRNA'nın ayrışma olasılığı CRISPR/Cas9'un bitki ıslahında güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlar. Ancak, CRISPR/Cas9'un bitkilerin fizyolojisi üzerindeki etkileriyle ilgili çeşitli çalışmalar hâlâ eksiktir.

Bezelyelerde tohum olgunlaştıkça şekerin nişastaya dönüşmesi nedeniyle tatlılık kaybolur, ancak bu dönüşüm nişasta dallanma enzimi 1 (*SBE1*) geninin mutasyonu ile engellenebilir (Bhattacharyya vd., 1990), böylece bezelyede "tatlı kalma" özelliği geliştirilebilir. Hıyarlarda ise acılığa neden olan cucurbitacin maddesini içermeyen çeşitler geliştirme hedeflenmektedir. Cucurbitacin sentezinden sorumlu genlerin baskılanması (Shang vd., 2014) acısız hıyarların geliştirilmesini sağlar. Benzer şekilde, soya fasulyesi ve yapraklı sebzeler gibi bitkilerde bulunan anti-besin faktörleri kaldırılabilir ve besin faktörleri biyosentez yolları manipüle edilerek artırılabilir. CRISPR/Cas9 teknolojisi, bitkilerde çeşitli metabolitlerin düzenlenmesinde de kullanılmaktadır. Örneğin, patates yumrularında α -solanin ve α -chaconine gibi steroidal glikoalkaloidlerin (SGA) yüksek seviyede bulunması patatesin tadını olumsuz etkileyebilmektedir. CRISPR/Cas9 yöntemiyle, patatesin SGA biyosentez yolunda yer alan *St16DOX* (*steroid 16 α -hidroksilaz*) geni hedef alınarak, SGA içermeyen patates hatları elde edilmiştir (Nakayasu vd., 2018). Meyve ve sebzelerdeki fenolik bileşiklerin polifenol

oksidaz (PPO) tarafından oksitlenmesi sonucu oluşan kahverengileşme renk, tat, lezzet ve besin değerinde olumsuz etkiler yaratır. Bu sorun, kahverengileşmeyen mantarlarda olduğu gibi PPO geninin mutasyonu ile çözülebilir. Bunlar sadece birkaç potansiyel uygulamadır ve diğer bitki türlerine özgü birçok farklı uygulama da olabilir.

Polifenol oksidaz (PPO) enzimi, meyvelerde doğal olarak bulunan fenolik bileşiklerle reaksiyona girer ve ardından kinonlar üretir. Kinonlar kendiliğinden birleşme yeteneğine sahip olup, amino asitler ve proteinlerle reaksiyona girerek kahverengi renkli ikincil ürünlerin oluşmasına yol açar (Araji vd., 2014; Mesquita ve Queiroz, 2013). Meyvelerdeki bu kahverengileşme tüketici kabulünü azaltır ve dolayısıyla ürünün pazar değerini düşürür. Okanagan Specialty Fruits Inc. adlı bir biyoteknoloji şirketi, PPO genini RNAi aracılığıyla kullanıp kahverengileşmeyi engelleyen elmalar üretmiş ve bunu genetik olarak değiştirilmiş organizma (GMO) kategorisinde rapor etmiştir (Waltz, 2015). CRISPR/Cas9 aracı kullanılarak, elmalarda PPO mutasyonu transgen içermeyen bir yöntem olarak kabul edilebilir ve dünya çapında kabul görmesi daha kolay olabilir. Benzer şekilde, bu yaklaşım, armutlar ve şeftaliler gibi diğer meyvelerde de kullanılabilir ve onları kahverengileşme etkisinden arındırabilir. Bu yaklaşım, sadece meyvelerin fenolik bileşiklerini korumakla kalmaz, aynı zamanda doğranmış meyvelerin raf ömrünü ve tadını da iyileştirebilir.

Domates bitkisinde önemli bir mantar hastalığı olan külemeye karşı dayanıklılık sağlamak amacıyla, dayanıklılıkla ilişkili "*Mildew Resistance Locus O*" (*MLO*) geni CRISPR/Cas9 teknolojisiyle hedef alınarak mutasyon oluşturulmuş ve bu sayede kısa sürede dayanıklılık elde edilmiştir (Nekrasov vd., 2017). Sebzelere hastalığa yol açan bitki patojeni *Botrytis cinerea* ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Domates bitkilerinde CRISPR/Cas9 teknolojisi kullanılarak aktifleşen protein kinazlardan (SIMAPK3) birinin susturulmasıyla bu patojene karşı dayanıklılık elde edildiği belirlenmiştir (Zhang vd., 2018). Hıyarlarda yapılan bir araştırmada, CRISPR/Cas9 teknolojisi kullanılarak hıyar sarı damar virüsü, kabak sarı mozaik virüsü ve papaya halkalı leke virüsüne (PRSV-W) karşı dayanıklılık sağlandığı tespit edilmiştir (Chandrasekaran vd., 2016).

Domates üzerinde yapılan bir çalışmada CRISPR/Cas9 yöntemiyle *PSY1*, *MYB12* ve *SGR1* genleri düzenlenmiştir. Bu düzenleme sonucunda kırmızı renkli domatesten sarı, kahverengi, pembe, açık sarı, pembe-kahverengi, sarı-yeşil ve açık yeşil gibi farklı meyve renklerine sahip genotipler elde edilmiştir (Yang vd., 2023). Raf ömrünü uzatma amacıyla CRISPR/Cas9 teknolojisinin kullanım potansiyelini değerlendiren araştırmalar yapılmıştır. Domateste meyve olgunlaşmasını düzenleyen bir MADS-box transkripsiyon faktörünü kodlayan *RIN* geni hedeflenmiştir. Bu uygulama sonucunda *RIN* proteini eksikliği olan mutantlarda meyvelerin tam olarak olgunlaşmadığı ve kırmızı renk oluşumunun zayıf olduğu tespit edilmiştir (Ito vd., 2015).

Kivi geliştirilme potansiyeli yüksek olan bir meyve türüdür. Çiçeklenmeyi baskıladığı doğrulanmış *centroradialis 4 (CEN4)* ve *CEN* genlerinin etkisiz hale getirilmesiyle başlangıçta odunsu ve sarılgı bir bitki olan kivi, hızlı terminal çiçeklenme ve meyve gelişimine sahip kompakt bir bitkiye dönüştürülmüştür (Varkonyi-Gasic vd., 2019).

Tanenler üzüm, yaban mersini ve nar gibi meyvelerde bulunan ve tadında acılık ve kuruluk yapan bileşiklerdir (Smeriglio vd., 2017; Lamy vd., 2016). Tanenler ayrıca mide tahrişi, bulantı, kusma ve karaciğer hasarına neden olabilir. Ayrıca, oksalat bazı meyvelerde de bulunur ve insanlar tarafından tüketildiğinde toksiktir (Norton, 2017; Crampton ve Charlesworth, 1975). Lektinler ise pişirilmeden tüketildiğinde insanlarda hastalığa yol açabilir (Freed, 1999). Bu nedenle, bu bileşiklerin biosentezi, tatları artıran ve toksisiteyi azaltan CRISPR/Cas9 yaklaşımıyla azaltılabilir veya durdurulabilir.

Son zamanlarda, CRISPR/Cas9 yaklaşımı, domateste likopen içeriğini artırmak için *LCYε* ve likopen beta siklaz (*LCYb*) genlerini susturmak için kullanılmıştır (Li vd., 2018). Benzer bir yaklaşım, meyvelerde sağlık için önemli karotenoidler, örneğin vitamin A'nın ana öncüsü olan beta-karoten, likopen veya lutein içeriğini artırmak için de kullanılabilir. Ayrıca, C vitamini (askorbik asit) bağışıklık stimülasyonu, kollajen ve hormon sentezi ile vücutta demir emilimi gibi birçok fizyolojik süreçte yer alır. Bitkilerde C vitamini sentezi Smirnoff-Wheeler (S-W) yolu ile gerçekleşir (Wheeler vd., 1998). S-W yolu C vitamini sentezi için ana ara maddeler olarak mannoz ve galaktoz kullanır ve bu yol ayrıca diğer glikoproteinlerin ve hücre duvarı polisakaritlerinin sentezi için de kullanılır (Lukowitz vd., 2001; Reuhs vd.,

2004). Bu nedenle, CRISPR/Cas9 tabanlı diğer dallanma yolları genlerinin susturulmasıyla metabolik akışı S-W yoluna yönlendirmek C vitamini üretimini artırabilir.

Birçok meyve türünde tohumlar yenilebilir kısmın ayrılmaz bir parçasıdır. Tohumların çiğnenmesi zor ve tadı acımsıdır. Partenokarpik (tohumsuz) meyvelerin geliştirilmesi yalnızca daha iyi tat için değil, aynı zamanda yenilebilir kısmın artırılması nedeniyle biyoteknoloji endüstrisinde büyük bir talep görmektedir. Oksinler ve giberellinler partenokarpik meyve gelişiminde önemli bir rol oynadığı bilinen hormonlardır. Bu hormonların yüksek konsantrasyonu dölleme süreci olmadan meyve gelişimini tetikler (Gorguet vd, 2005). CRISPR/Cas9 tohum oluşumundan sorumlu genleri düzenleyerek tohumsuz meyveler geliştirme vaadi taşımaktadır. Örneğin, *Aucsia* geninin RNAi ile susturulması domateste partenokarpiye yol açmıştır (Molesini vd., 2009). CRISPR/Cas9 kullanılarak *SIAGL6* ve *SIIAA9* genlerinin knockout veya mutasyon yapılmasıyla domateste de fakultatif partenokarpi rapor edilmiştir (Klap vd., 2017; Ueta vd., 2017). Bu yöntem tohumlu meyvelerin yüksek talep gördüğü narenciye, üzüm, portakal ve karpuz gibi meyvelere de uygulanabilir.

Daha önce üzüm asma *stilben sentaz* geni elma bitkisine aşırı ifade edilerek, transgenik elma meyvesinde antioksidan özellikleri artıran fitotoksin resveratrolün yüksek birikimi sağlanmıştır (Szankowski vd., 2003). Geleneksel transgenik yaklaşımın dışında, CRISPR/Cas9 aracılığıyla bir genin aşırı ifade edilmesi meyve bitkilerinde belirli bir özelliğin geliştirilmesi için de sağlanabilir. Promoterin aşırı aktivasyonu ve enzim aktivitesinin artırılması, CRISPR/Cas9 yaklaşımı kullanılarak bir bitkide gen düzeyinde yerleştirilmiş mutajenesisle elde edilebilecek hedeflerdir. Bu çalışmalar için CRISPR/Cas9 tekniğinin avantajı daha az düzenleyici sorunu ve muhtemelen daha kolay kabul edilmesidir.

Vitamin E zenginleştirilmesi, model bitki *Arabidopsis*'te *homogentisik asit geranylgeranil transferaz (HGGT)* geninin aşırı ifade edilmesiyle de gösterilmiştir. Sonuçta vitamin E içeriğinde 10-15 kat artış sağlanmış ve arttırılmış antioksidan özelliklerle ilişkilendirilmiştir (Cahoon vd., 2003). *HGGT* geni badem, zeytin, papaya, muz gibi meyveleri biyolojik olarak güçlendirmek için aktive edilebilir. Vitamin C ile güçlendirilmiş meyveler de

önemli bir konudur ve meyvelerin besin değerini artırmak için dikkate alınması gerekir. Tütün ve mısırdaki *dehidroaskorbat redüktaz (DHAR)* geninin aşırı ifade edilmesi artan vitamin C içeriği ile sonuçlanmıştır (Chen vd., 2003). CRISPR/Cas9 aracılığıyla *DHAR* geninin aşırı ifade edilmesi umut verici bir yaklaşım olarak kabul edilebilir.

Mineralleri arttırdığı bilinen aday genler mevcuttur. Örneğin, ferritinin muzda (Yadav vd., 2017), mısırdaki (Drakakaki vd., 2005) ve buğdayda (Borg vd., 2012) demir içeriğini artırdığı bildirilmiştir. Ayrıca, *nikotinamid sentaz* geninin de pirinçte demir içeriğini artırdığı bildirilmiştir (Wang vd., 2013). Arpada çinko taşıyıcılarının aşırı ifade edilmesiyle çinko içeriği artırılmıştır (Ramesh vd., 2004). CRISPR/Cas9 tabanlı aşırı ifade yaklaşımıyla meyve bitkilerinin yüksek mineral içeriğiyle zenginleştirilmesi için aday genlerin tanımlanmasında temel çalışmalar yapılabilir ve mikrobesein eksikliğinin ortadan kaldırılmasına önemli bir katkı sağlanabilir.

CRISPR/Cas9 aşırı-ifade yaklaşımının en önemli avantajı, bir genin işlevsiz kısmının değiştirilmesi suretiyle genin işlevsel hale gelmesini veya gerekli olduğunda proteinlerin amino asit dizisinde yapılan değişikliklerle indüklenmesini sağlamaktır. Benzer şekilde, Morgan vd. (2018) CRISPR/Cas9 kullanarak belirli lokuslarda gen ekspresyonunu düzenlemek için kromatin halkalarının yeniden düzenlenmesi için bir yöntem tasarlamışlardır. Bu tür bir genom mühendisliği meyvelerde doku, aroma, tat ve beslenme ile ilgili özelliklerin artırılması için kullanılabilir.

3. SONUÇ

Geleneksel ıslahla 8-15 yıl süren çalışmalar CRISPR gibi gen düzenleme teknolojileri kullanılarak daha hassas ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Bu yöntemler verim ve kalitenin artırılması, hastalıklara, zararlılara, çevresel streslere karşı dayanıklılığın sağlanması ve diğer agronomik özellikleri arttırmak amacıyla genomda yapılacak düzenlemelere herhangi bir gen aktarımına gerek kalmadan olanak tanır. Nükleotid düzeyinde yapılacak bu genetik değişiklikler sayesinde, seleksiyon ve geri-melezleme gibi zaman ve emek gerektiren işlemler için harcanacak zaman ve paradan büyük ölçüde tasarruf sağlanabilir.

Bu teknoloji yeni olduğu için uzun vadede ne gibi etkiler yaratacağı henüz kesin olarak tahmin edilememektedir. Teknolojinin dezavantajları ortadan kaldırılmış olsa bile, yöntemin kullanımıyla ilgili etik tartışmaların devam etmesi beklenebilir. Ayrıca, genom düzenleme ile istenilen özelliklere sahip bitkilerin halk sağlığı açısından ve genetiği değiştirilmiş organizmalar ile ilgili yasaları belirleyen kurumlar tarafından kabul edilip edilmeyeceği konusunda da tartışmalar yaşanabilir.

KAYNAKÇA

- Abdallah, N. A., Prakash, C. S., & McHughen, A. G. (2015). Genome editing for crop improvement: challenges and opportunities. *GM Crops & Food*, 6(4), 183-205.
- Akbudak, M. A., & Kontbay, K. (2017). Yeni nesil genom düzenleme teknikleri: ZFN, TALEN, CRISPR'lar ve bitkilerde kullanımı. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(1), 111-126.
- Ali, Z., Abulfaraj, A., Idris, A., Ali, S., Tashkandi, M., & Mahfouz, M. M. (2015). CRISPR/Cas9-mediated viral interference in plants. *Genome biology*, 16, 1-11.
- Araji, S., Grammer, T. A., Gertzen, R., Anderson, S. D., Mikulic-Petkovsek, M., Veberic, R., ... & Escobar, M. A. (2014). Novel roles for the polyphenol oxidase enzyme in secondary metabolism and the regulation of cell death in walnut. *Plant Physiology*, 164(3), 1191-1203.
- Belhaj, K., Chaparro-Garcia, A., Kamoun, S., Patron NJ & Nekrasov, V. (2015) Editing plant genomes with CRISPR/Cas9. *Current Opinion in Biotechnology*, 32, 76-84.
- Bhattacharyya, M. K., Smith, A. M., Ellis, T. H., Hedley, C., & Martin, C. (1990). The wrinkled-seed character of pea described by Mendel is caused by a transposon-like insertion in a gene encoding starch-branching enzyme. *Cell*, 60, 115-122.
- Bhaya, D., Davison, M., & Barrangou, R. (2011). CRISPR-Cas systems in bacteria and archaea: versatile small RNAs for adaptive defense and regulation. *Annual Review of Genetics*, 45(1), 273-297.
- Borg, S., Brinch-Pedersen, H., Tauris, B., Madsen, L. H., Darbani, B., Noeparvar, S., & Holm, P. B. (2012). Wheat ferritins: improving the iron content of the wheat grain. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 204-213.
- Braatz, J., Harloff, H. J., Mascher, M., Stein, N., Himmelbach, A., & Jung, C. (2017). CRISPR-Cas9 targeted mutagenesis leads to simultaneous modification of different homoeologous gene copies in polyploid oilseed rape (*Brassica napus*). *Plant Physiology*, 174(2), 935-942.
- Cahoon, E. B., Hall, S. E., Ripp, K. G., Ganzke, T. S., Hitz, W. D., & Coughlan, S. J. (2003). Metabolic redesign of vitamin E biosynthesis in plants for tocotrienol production and increased antioxidant content. *Nature Biotechnology*, 21(9), 1082-1087.
- Chandrasekaran, J., Brumin, M., Wolf, D., Leibman, D., Klap, C., Pearlsman, M., Sherman, A., Arazi, T., & Gal-On., A. 2016. A. Development of broad virus resistance in non-transgenic cucumber using CRISPR/Cas9 technology. *Molecular Plant Pathology* 17,1140-1153.
- Chaparro-Garcia A, Kamoun, S., & Nekrasov, V. (2015) Boosting plant immunity with CRISPR/Cas. *Genome Biology* 16(1), 254. 4

- Chen, Z., Young, T. E., Ling, J., Chang, S. C., & Gallie, D. R. (2003). Increasing vitamin C content of plants through enhanced ascorbate recycling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(6), 3525-3530.
- Cong, L., Ran, F. A., Cox, D., Lin, S., Barretto, R., Habib, N., ... & Zhang, F. (2013). Multiplex genome engineering using CRISPR/Cas systems. *Science*, 339(6121), 819-823.
- Crampton, R. F., & CHARLESWORTH, F. A. (1975). Occurrence of natural toxins in food. *British Medical Bulletin*, 31(3), 209-213.
- Demirel, S., Usta, M., & Demirel, F. (2020). Fitopatojenlere Karşı Dayanıklılıkta CRISPR/Cas Teknolojisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 20, 693-702.
- Drakakaki, G., Marcel, S., Glahn, R. P., Lund, E. K., Pariagh, S., Fischer, R., ... & Stoger, E. (2005). Endosperm-specific co-expression of recombinant soybean ferritin and *Aspergillus* phytase in maize results in significant increases in the levels of bioavailable iron. *Plant Molecular Biology*, 59, 869-880.
- Freed, D. L. (1999). Do dietary lectins cause disease?: The evidence is suggestive-and raises interesting possibilities for treatment. *BMJ*, 318(7190), 1023-1024.
- Gaj, T., Gersbach, C. A., & Barbas, C. F. (2013). ZFN, TALEN, and CRISPR/Cas-based methods for genome engineering. *Trends in Biotechnology*, 31(7), 397-405.
- Gao, C. (2018). The future of CRISPR technologies in agriculture. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 19(5), 275-276.
- Ghimire, B. (2017). Use of Crispr/Cas9 for development of disease resistant cultivars in plant breeding. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 5(4), 403-409.
- Gorguet, B., Van Heusden, A. W., & Lindhout, P. (2005). Parthenocarpic fruit development in tomato. *Plant biology*, 7(02), 131-139.
- Güney, T., & Özbayer, C. (2022). CRISPR-Cas Etki Mekanizması, Tip II CRISPR/Cas9 Sistemi ve Uygulama Alanları. 3rd International Congress of Medical Sciences, and Biotechnology, Bilecik, 2022, 257
- Hoikkala, V., Ravantti, J., Díez-Villaseñor, C., Tirola, M., Conrad, R. A., McBride, M. J., ... & Sundberg, L. R. (2021). Cooperation between different CRISPR-Cas types enable s adaptation in an RNA-targeting system. *MBio*, 12(2), 10-1128.
- Hsu, P. D., Lander, E. S., & Zhang, F. (2014). Development and applications of CRISPR-Cas9 for genome engineering. *Cell*, 157(6), 1262-1278.
- Ito, Y., Nishizawa-Yokoi, A., Endo, M., Mikami, M., & Toki, S. (2015). CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of the RIN locus that regulates tomato fruit ripening. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 467, 76- 82.

- Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2012). A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *science*, 337(6096), 816-821.
- Karimi, Z., Ahmadi, A., Najafi, A., & Ranjbar, R. (2018). Bacterial CRISPR regions: general features and their potential for epidemiological molecular typing studies. *The Open Microbiology Journal*, 12, 59.
- Khatodia, S., Bhatotia, K., Passricha, N., Khurana, S. M. P., & Tuteja, N. (2016). The CRISPR/Cas genome-editing tool: application in improvement of crops. *Frontiers in Plant Science*, 7, 506.
- Klap, C., Yeshayahou, E., Bolger, A. M., Arazi, T., Gupta, S. K., Shabtai, S., ... & Barg, R. (2017). Tomato facultative parthenocarpy results from Sl AGAMOUS-LIKE 6 loss of function. *Plant Biotechnology Journal*, 15(5), 634-647.
- Kose, S. B. E., SURA, Ü., Yirun, A., Balci, A., Gümüşel, B. K., & Erkekoglu, P. (2020). CRISPR-Cas9 Teknolojisi, Güvenliliği ve Etik Açıdan Değerlendirilmesi. *Literatür Eczacılık Bilimleri Dergisi*, 9(1), 50-64.
- Kumar, V., & Jain, M. (2015). The CRISPR-Cas system for plant genome editing: advances and opportunities. *Journal of Experimental Botany*, 66(1), 47-57.
- Lamy, E., Pinheiro, C., Rodrigues, L., Capela-Silva, F., Lopes, O., Tavares, S., & Gaspar, R. (2016). Determinants of Tannin-Rich Food and Beverage Consumption: Oral Perception vs. Psychosocial Aspects In: Combs CA. (ed). *Tannins: Biochemistry, Food Sources and Nutritional Properties*. Nova Science Publishers Inc: New York, USA, pp. 29-58.
- Li, X., Wang, Y., Chen, S., Tian, H., Fu, D., Zhu, B., ... & Zhu, H. (2018). Lycopene is enriched in tomato fruit by CRISPR/Cas9-mediated multiplex genome editing. *Frontiers in Plant Science*, 9, 559.
- Liu, Q., Yang, F., Zhang, J., Liu, H., Rahman, S., Islam, S., ... & She, M. (2021). Application of CRISPR/Cas9 in crop quality improvement. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(8), 4206.
- Lukowitz, W., Nickle, T. C., Meinke, D. W., Last, R. L., Conklin, P. L., & Somerville, C. R. (2001). Arabidopsis cyt1 mutants are deficient in a mannose-1-phosphate guanylyltransferase and point to a requirement of N-linked glycosylation for cellulose biosynthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(5), 2262-2267.
- Mali, P., Yang, L., Esvelt, K. M., Aach, J., Guell, M., DiCarlo, J. E., ... & Church, G. M. (2013). RNA-guided human genome engineering via Cas9. *Science*, 339(6121), 823-826.
- Malzahn, A., Lowder, L., & Qi, Y. (2017). Plant genome editing with TALEN and CRISPR. *Cell & Bioscience*, 7, 1-18.

- Mesquita, V. L. V., & Queiroz, C. (2013). Enzymatic browning. *Biochemistry of Foods*, 387-418.
- Molesini, B., Pandolfini, T., Rotino, G. L., Dani, V., & Spena, A. (2009). Aucsia gene silencing causes parthenocarpic fruit development in tomato. *Plant Physiology*, 149(1), 534-548.
- Morgan, S. L., Chang, E. Y., Mariano, N. C., Bermudez, A., Arruda, N. L., Wu, F., ... & Wang, K. C. (2018). CRISPR-mediated reorganization of chromatin loop structure. *Journal of Visualized Experiments: Jove*, (139), 57457.
- Nakayasu, M., Akiyama, R., Lee, H.J., Osakabe, K., Osakabe, Y., Watanabe, B., Sugimoto, Y., Umemoto, N., Saito, K., & Muranaka, T. (2018). Generation of α -solanine-free hairy roots of potato by CRISPR/Cas9 mediated genome editing of the St16DOX gene. *Plant Physiology and Biochemistry* 131,70-77.
- Nekrasov, V., Wang, C., Win, J., Lanz, C., Weigel, D., & Kamoun, S. (2017). Rapid generation of a transgene-free powdery mildew resistant tomato by genome deletion. *Scientific Reports* 7,1-6
- Nekrasov, V.; Staskawicz, B.; Weigel, D.; Jones, J.D., & Kamoun, S. (2013). Targeted mutagenesis in the model plant *Nicotiana benthamiana* using Cas9 RNA-guided endonuclease. *Nat. Biotech.* 2013, 31, 691-693.
- Norton, S. K. (2017). Lost seasonality and overconsumption of plants: Risking oxalate toxicity. *Journal of Evolution and Health: A joint publication of the Ancestral Health Society and the Society for Evolutionary Medicine and Health*, 2(3).
- Puchta, H. (2017). Applying CRISPR/Cas for genome engineering in plants: the best is yet to come. *Current Opinion in Plant Biology*, 36, 1-8.
- Qi, L. S., Larson, M. H., Gilbert, L. A., Doudna, J. A., Weissman, J. S., Arkin, A. P., & Lim, W. A. (2013). Repurposing CRISPR as an RNA-guided platform for sequence-specific control of gene expression. *Cell*, 152(5), 1173-1183
- Ramesh, S. A., Choimes, S., & Schachtman, D. P. (2004). Over-expression of an *Arabidopsis* zinc transporter in *Hordeum vulgare* increases short-term zinc uptake after zinc deprivation and seed zinc content. *Plant Molecular Biology*, 54, 373-385.
- Reuhs, B. L., Glenn, J., Stephens, S. B., Kim, J. S., Christie, D. B., Glushka, J. G., ... & O'Neill, M. A. (2004). L-Galactose replaces L-fucose in the pectic polysaccharide rhamnogalacturonan II synthesized by the L-fucose-deficient *mur1* *Arabidopsis* mutant. *Planta*, 219, 147-157.
- Shan, Q., Wang, Y., Li, J., Zhang, Y., Chen, K., Liang, Z., ... & Gao, C. (2013). Targeted genome modification of crop plants using a CRISPR-Cas system. *Nature biotechnology*, 31(8), 686-688.

- Shang, Y., Ma, Y., Zhou, Y., Zhang, H., Duan, L., Chen, H., et al. (2014). Plant science. Biosynthesis, regulation, and domestication of bitterness in cucumber. *Science* 346, 1084–1088.
- Smeriglio, A., Barreca, D., Bellocco, E., & Trombetta, D. (2017). Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: occurrence, dietary intake and pharmacological effects. *British journal of pharmacology*, 174(11), 1244-1262.
- Soysal, T. (2021). Crispr Genom Düzenleme Teknolojileri: Patentlenebilirlikleri ve Covid-19 Salgınında Kullanımı. *Adalet Dergisi*, 66, 227-292.
- Szankowski, I., Briviba, K., Fleschhut, J., Schönherr, J., Jacobsen, H. J., & Kiesecker, H. (2003). Transformation of apple (*Malus domestica* Borkh.) with the stilbene synthase gene from grapevine (*Vitis vinifera* L.) and a PGIP gene from kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Plant Cell Reports*, 22, 141-149
- Ueta, R., Abe, C., Watanabe, T., Sugano, S. S., Ishihara, R., Ezura, H., ... & Osakabe, K. (2017). Rapid breeding of parthenocarpic tomato plants using CRISPR/Cas9. *Scientific Reports*, 7(1), 507
- Varkonyi-Gasic, E., Wang, T., Voogd, C., Jeon, S., Drummond, R. S., Gleave, A. P., & Allan, A. C. (2019). Mutagenesis of kiwifruit CENTRORADIALIS-like genes transforms a climbing woody perennial with long juvenility and axillary flowering into a compact plant with rapid terminal flowering. *Plant Biotechnology Journal*, 17(5), 869-880.
- Waltz, E. (2015). Nonbrowning GM apple cleared for market. *Nature Biotechnology*, 33(4), 326-328.
- Wang, H., La Russa, M. & Qi, L.S. (2016) CRISPR/Cas9 in genome editing and beyond. *Annual Review of Biochemistry*, 85, 227-264.
- Wang, M., Gruissem, W., & Bhullar, N. K. (2013). Nicotianamine synthase overexpression positively modulates iron homeostasis-related genes in high iron rice. *Frontiers in Plant Science*, 4, 156.
- Wheeler, G. L., Jones, M. A., & Smirnoff, N. (1998). The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants. *Nature*, 393(6683), 365-369.
- Xiong, J. S., Ding, J., & Li, Y. (2015). Genome-editing technologies and their potential application in horticultural crop breeding. *Horticulture research*, 2.
- Xu, R.F., Li, H., Qin, R.Y., Li, J., Qiu, C.H., Yang, Y.C. & Yang, J.B. (2015) Generation of inheritable and “transgene clean” targeted genome-modified rice in later generations using the CRISPR/Cas9 system. *Scientific Reports*, 5, 11491.
- Yadav, K., Patel, P., Srivastava, A. K., & Ganapathi, T. R. (2017). Overexpression of native ferritin gene *MusaFer1* enhances iron content and oxidative stress tolerance in transgenic banana plants. *PLoS One*, 12(11), e0188933.

- Yang, T., Ali, M., Lin, L., Li, P., He, H., Zhu, Q., Sun, C., Wu, N., Zhang, X., Huang, T., Li, C.B., Li, C., & Deng, L. (2023). Recoloring tomato fruit by CRISPR/Cas9-mediated multiplex gene editing. *Horticulture Research* 10, 1-6.
- Zhang, H., Zhang, J., Wei, P., Zhang, B., Gou, F., Feng, Z., ... & Zhu, J. K. (2014). The CRISPR/Cas9 system produces specific and homozygous targeted gene editing in rice in one generation. *Plant biotechnology journal*, 12(6), 797-807.
- Zhang, L., & Zhou, Q. (2014) CRISPR/Cas technology: a revolutionary approach for genome engineering. *Science China. Life Sciences* 57(6), 639.
- Zhang, S., Wang, L., Zhao, R., Yu, W., Li, R., Li, Y., Sheng, J., & Shen, L. (2018). Knockout of SIMPK3 reduced disease resistance to *Botrytis cinerea* in tomato plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 34, 8949-8956.

BÖLÜM 6

MİKRO ELEMENTLERİN ABİYOTİK BİTKİ STRESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Arş. Gör. Dr. H. Nihan ÇİFTÇİ^{1*}
Doç. Dr. Canan ÖZTOKAT KUZUCU²
Dr. Öğr. Üyesi F. Cem KUZUCU³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14576046>

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 17020 Çanakkale-Türkiye ORCID ID: 0000-0002-0619-5633

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 17020 Çanakkale-Türkiye ORCID ID: 0000-0003-2828-4984

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 17020 Çanakkale-Türkiye ORCID ID: 0000-0003-0497-4331

*sorumlu yazar: haticenihan.ciftci@comu.edu.tr

1. GİRİŞ

Bitki yetiştiriciliğinde başarılı olabilmek için ekolojik faktörler değerlendirilmesi gereken ilk adım olarak görülmektedir. Ancak günümüzde bozulan ekolojik koşullar bitkiye stres nedenleri olarak yansımaktadır. Levitt (1980)'e göre stres bitkinin büyümesi ve gelişimini olumsuz etkileyen çevresel etmenlerdeki olumsuzluklardır. Bitkide strese sebep olan faktörler biyotik (hayvanlar, mikro organizmalar vb.) ve abiyotik faktörler (sıcaklık, kuraklık, tuzluluk, radyasyon, ağır metaller vb.) olarak ayrılmaktadır. Dünyada yetiştirilen bitkilerde meydana gelen %50'den fazla verim azalışının nedeni abiyotik faktörler olarak gösterilmektedir (Gül, 2022). Kuraklık stresi üzerinde en fazla durulan stres faktörlerinden biridir. Azalan su kaynakları nedeniyle su eksikliğine bağlı oluşan kuraklık stresinin yanı sıra tarım alanlarının hemen hemen üçte biri tuzluluk sorunu ile karşı karşıyadır (Zhao vd. 2020). Beklentilere göre, 2050 yılında tarım alanlarının yarısından fazlasının tuzlu alanlar arasına gireceği düşünülmektedir (Machado ve Serralheiro, 2017). Diğer yandan ağır metaller çevre kirliliğine sebep olan ve canlılar üzerinde toksik etkilere yol açan en önemli sorunlar arasında sayılmaktadır (Emer, 2021).

Çeşitli abiyotik stres faktörleri nedeniyle bitkilerde verim kaybı, çimlenme eksiklikleri, fotosentez kısıtlanması, transpirasyon ve respirasyon değişiklikleri ortaya çıkmaktadır (Sevgi, 2023). Bununla birlikte membran sisteminde düzensizlik, önemli enzimlerin aktivitesinin ve protein sentezinin azalması görülen diğer sorunlar arasındadır (Vijayalakshmi, 2018). Abiyotik streslerin yarattığı olumsuz etkilere karşılık bitkiler savunma mekanizmaları ile çeşitli cevaplar oluşturarak bu etkilerin üstesinden gelmeye çalışmaktadır. Ancak araştırmacılar bitki savunma sisteminin yeterli olmadığı durumlarda dışarıdan destekleyici uygulamalar ile bitkilerdeki strese bağlı olumsuz etkilerin en aza indirilmesini hedefleyen çalışmalar yapmaktadırlar.

Bu kapsamda son yıllarda mikro besin elementlerinin bitkilerdeki metabolik etkilerine dayanarak strese karşı kullanılabilir potansiyelleri üzerinde durulmaktadır. Mikro besin elementleri bitkide önemli metabolik faaliyetlerde yer almaktadır.

Bakır (Cu), enzim faaliyetini meydana getirmede, lipit ve karbohidrat metabolizmasında, DNA ve RNA sentezinde, hastalık ve zararlılara karşı direnç geliştirilmesinde etkilidir. Bakır, fotosentez için önemli olan sitokrom oksidazın bileşenlerinden biri olarak ve kloroplastların tilakoid zar yapısının korunmasında önemli bir besin elementidir (Kafkasyalı, 2021).

Bor (B) bitki bünyesinde, su iletiminde, katyon ve anyon absorpsiyonunda, polen canlılığı ve azot, fosfor, karbohidratlar ve yağ mekanizmalarında etkili olmaktadır. Bununla birlikte hücre duvarının yapısında, şeker iletiminde, hücre bölünmesinde, hücre zarının görevlerinde, bitki hormonlarında ve bitki gelişimi sırasında rol oynar (Marschner, 1995; Uğur ve Saka, 2022).

Çinko (Zn) bitkide topraktan su alımı, karbohidratların iletimi, köklenme açısından önemli bir besin elementidir. Zn bitki gövdesinin boyuna büyümesinde etkili olduğu gibi klorofil sentezi, protein, karbohidrat ve yağ sentezlenmesi sırasında gerekli olmaktadır. Bitkide fotosentez, solunum ve hücre zarı stabilitesi üzerine önemli etkileri bulunmaktadır (Karademir ve Karademir, 2019).

Demir (Fe) klorofilin yapısında bulunur ve fotosentez için gereklidir. Ayrıca katalaz, sitokrom oksidaz ile peroksidaz benzeri enzimlerin aktivasyonunda ve protein mekanizması üzerinde de etkilidir (Kacar ve Katkat, 2010; Bolat ve Kara, 2017). Kurak ve yarı kurak arazilerde ya da su taşkını, yoğun yağışlar, fazla sulama gibi durumlarda demir eksikliği oluşmaktadır (Bolat ve Kara, 2017). Bitkilerde demir, klorofil sentezinde rol oynar ve kloroplast yapısının ve işlevinin sürdürülmesi için gereklidir. Ancak, potansiyel olarak toksiktir ve lipit peroksidasyonu ile hayati hücresel bileşenlere (örneğin, zarlar) zarar verebilen reaktif oksijen bazlı radikallerin oluşumunu teşvik edebilir. Bitkiler tarafından daha yüksek demir alımı, yapraklardaki protein sentezini azaltır. Bitkilerdeki demir toksisitesi, 100 mM'den fazla demir solüsyonlarında yetiştirilen bitkilerde gözlemlenen bronzlaşma özellikleriyle gösterilir (Rout ve Sahoo, 2015).

Bitkiler için zorunlu mikro elementlerden biri olan Manganez (Mn), bitkilerde yaşamsal faaliyetler için çok önemli olan enzimlerin aktivasyonu (dekarboksilaz, dehidrogenaz ve oksidaz enzimleri) için gerekli bir besin elementidir. Süperoksit dismutaz enziminin yapısına katılır. Fotosentez

sırasında suyun hidrolizinde rol almaktadır. Azot mekanizmasında ve azot asimilasyonunda işlevseldir. Fe (Demir), Ca (Kalsiyum) ve Mg (Magnezyum)'nin emiliminde önemlidir. Klorofilin meydana gelmesinde Fe ile beraber hareket eder. Meyve olgunlaşmasında ve tohum çimlenmesinde hızlandırıcı etkiye sahiptir (Bolat ve Kara, 2017).

Molibden (Mo), nitrogenaz ve nitrat redüktaz enzimlerinin yapısında bulunmaktadır. Biyolojik azot bağlanmasında ve nitratın bitkilerde indirgenerek aminlerin teşekkül etmesinde gereklidir (Kacar ve Katkat, 2010; Bolat ve Kara, 2017).

Silisyum (Si) mikro besin elementleri arasında yer almamakla birlikte bitki gelişimi için gerekli olan, büyüme gelişme üzerinde etkileri önemli olan bir besin elementidir. Silisyum bitki büyümesini ve verimini artırır ve bitki savunma mekanizmasını teşvik etmektedir (Ashraf, 2010). Si özellikle yaprakta depolanarak yaprakların dik durmasına katkı sağlamakta, fotosentez ve transpirasyonu iyileştirmektedir (Liang vd. 2005).

Diğer bir deyişle bitki beslemenin doğru şekilde yapılması bitki büyüme ve gelişimini desteklemenin yanı sıra stres toleransını artırma açısından da değerli bir uygulama olarak tercih edilebilir.

2. MİKRO ELEMENTLERİN BİTKİ STRESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

2.1. Bakır Elementinin Bitki Stresi Üzerindeki Etkileri

Stres etmenlerine karşı bakır mikro elementinin etkileri az çalışılmış bir konu olmakla birlikte çeşitli olumlu etkileri tespit edilmiştir. Tuz stresine maruz bırakılan bitkiye uygulanan bakır elementinin oksidatif hasarın boyutlarını azalttığı, fotosistem I ve fotosistem II aktivitesini olumlu şekilde etkilediği, fotosentetik pigmentlerin miktarının sentez hızını artırarak ve/veya parçalanma hızını azaltarak koruduğu söylenebilir. Ayrıca bakırın tuz stresinin toplam karotenoid miktarında sebep olduğu azalmayı iyileştirici etkisi bulunmaktadır (Göçmen, 2022). Tuz stresinden etkilenmiş biber bitkilerinde Se (selenyum), Si ve Cu nanopartiküllerinin glutatyon peroksidaz aktivitesi ile klorofil ve likopen miktarını artırdığını meyvelerde ise fenoller, flavonoidler, karotenoidler ve antioksidan enzimlerin aktivitesini olumlu

yönde etkilediği bilinmektedir (González-García vd. 2021). Benzer sonuçlara domatesler üzerinde de ulaşılmış ve özellikle yapraktan uygulanan Cu'nun tuz stresi hasarını hafiflettiği ortaya konmuştur (Pérez-Labrada vd. 2019).

Ağır metal (Cd) stresine karşı bakır uygulamalarının patlıcan bitkisinde enzim aktivitesini ve savunma mekanizmalarını teşvik etmiş bununla birlikte hidrojen peroksit ve malondialdehit (MDA) içeriğini azaltmış, klorofil içeriğini ise arttırmıştır böylece oksidatif stresin etkilerinin hafiflemesini sağlamıştır (Alomrani vd. 2024).

2.2. Bor Elementinin Bitki Stresi Üzerindeki Etkileri

Geçmişte yapılan çalışmalarda bor eksikliğinin gövde /kök oranında artışa yol açtığı bu durumda bitki stresi koşullarında hassasiyetin artmasına sebep olduğu bildirilmiştir (Doğan ve Avu, 2013). Daha sonraki çalışmalar stres faktörleri altında yetiştirilen bitkilerin bor elementi ile desteklenmesinin stresin olumsuz etkilerini iyileştirdiği yönünde olmuştur. Bilindiği gibi stres faktörlerinin etkisiyle bitkide görülen oksidatif strese oksijen radikalleri sebep olmakta, antioksidant enzimler ise savunma ajanı kabul edilmektedir (Munne-Bosch ve Penuelas, 2003). Kadmiyum (Cd) stresi altındaki biberde yapılan B uygulamalarının antioksidan enzimlerle (süperoksit dismutaz, katalaz ve peroksidaz) ilgili genlerin ifade düzeylerini ve aktivitelerini %28-40 oranında arttırdığı, ayrıca klorofil a ve hücreler arası CO₂ konsantrasyonunu, stoma iletkenliğini, fotosentez ve terleme oranlarını %18-41 oranında iyileştirdiği göstermiştir (Shen vd. 2023).

Kurak koşullarda ıspanak tohumlarının çimlenmesi ile ilgili parametrelerde bor uygulamaları çimlenme yüzdesini, çimlenme indeksini ve fide büyümesini iyileştirmiştir (Kaya, 2024).

Tuz stresine karşı bor elementinin kullanımına yönelik yapılan araştırmalarda kavun bitkisine 50 ppm bor püskürtmenin, bitki uzunluğu, bitki kuru maddesi, klorofil, meyve ağırlığı, verim ve çözünebilir kuru madde bakımından stres etkilerine karşın iyileşme göstermiştir (Shalaby ve El-Messairy, 2018).

2.3. Çinko Elementinin Bitki Stresi Üzerindeki Etkileri

Çinko (Zn) uygulamaları, kuraklık stresine maruz kalmış bitkilerde kök gelişimini destekler ve hormonlar ile metabolizma faaliyetleri için düzenleyici olarak görevlidir (SongWei vd. 2015). Çinko (Zn) hıyarda biyokütle artışı (Zhao vd. 2014), turp tohumlarında ise kök uzunluğunda artış (Lin ve Xing, 2007) sağlamaktadır. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen domateslerde çinko uygulaması kuru madde miktarını artırmıştır (Cinislı ve Yıldız, 2019). NaCl stresi altında yetiştirilen biberlerde de çinko uygulamalarının artan dozları benzer etkiler göstermiştir. Bununla birlikte yeşil aksamda sodyum konsantrasyonu azalmış potasyum konsantrasyonu artmıştır. Çinkonun köklerdeki hücre zarının bütünlüğünü ve geçirgenliğini ayarlayarak Na alımını kontrol altında tutmayı sağladığı söylenebilir (Aktaş vd. 2006). Yüksek K/Na oranı tuz stresi altında yetişen bitkilerde yüksek toleransın iyi bir işaretidir (Zhu, 2003; Aktaş vd. 2006). Welch vd. (1982)'nin değindiği gibi Zn, kökler tarafından aşırı P alımını ve P'nin köklerden yapraklara translokasyonunu önler ve NaCl'nin olumsuz etkisini azaltabilir (Alpaslan vd. 1999). Tuz stresi etkisi altında yetiştirilen domateslerde yapılan bir çalışmada ise yaşlı ve genç yapraklarda Na ve Cl içerikleri incelenerek Zn uygulamalarının Na ve Cl'nin yaşlı yapraklardan genç yapraklara doğru taşınımını azalttığı ortaya konmuştur (Alpaslan vd. 1999).

Kuraklık stresine maruz bırakılan turp tohumlarının çimlenmesi üzerine gerçekleştirilen çinko uygulamalarının etkileri bitki biyokütle üretimi, yaprak fotosentetik pigmentleri bakımından olumlu gelişmeler sağlamıştır. Ayrıca çinko uygulaması ile süperoksit dismutaz ve peroksidaz aktiviteleri artarken, malondialdehit (MDA) içeriği azalmış böylece kuraklığa bağlı lipid peroksidasyonunu önleyerek stres etkileri azaltılmıştır (Noman vd. 2018).

2.4. Demir Elementinin Bitki Stresi Üzerindeki Etkileri

Demir (Fe), bitki yaşamı için kritik bir rol oynayan temel bir besindir. Elektron kazanma ve kaybetme yeteneği nedeniyle demir, çok çeşitli oksidasyon-redüksiyon reaksiyonlarında (yani fotosentez, solunum, hormon sentezi, DNA sentezi vb.) yer alan enzimler için bir kofaktör olarak çalışır (Rout ve Sahoo, 2015). Farklı abiyotik stres etmenlerine karşı etkinliği üzerine çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Fe_2O_3 NP'ler tuzluluk stresi altında nane bitkisinin yaprak taze ağırlığında ve kuru ağırlığında, fosfor, potasyum, demir, çinko ve kalsiyum içeriğinde artış sağlamıştır. Bununla birlikte, katalaz, süperoksit dismutaz ve guaiakol peroksidaz enzimlerinin maksimum aktiviteleri Fe_2O_3 nanoparçacıklarının uygulanmasıyla azalmıştır (Askary vd. 2017). Bu nanopartiküller, etkilerini, bitkilerin büyümesini ve fotosentetik pigment miktarlarını artırarak fotosentez ve solunumu destekleyerek göstermektedir (Feng vd. 2022).

Demirin abiyotik stres koşullarına karşı kullanım alanlarından biri de ağır metal stresi sorunlarıdır. Kadmiyum bulunan ortamda yetiştirilen fasulye bitkisine uygulanan farklı demir formlarından inorganik demirin daha etkili olduğu ve bitki gelişimine katkı sağlayabileceği belirlenmiştir (Çelim ve Gülser, 2020). Kadmiyum, domates bitkilerinde büyüme ve fotosentez parametrelerinin yanı sıra besin elementlerini de azaltmış ve MDA, H_2O_2 ve prolin içeriğini artırmıştır. Bu arada, 20 mg/L nano- Fe_3O_4 , kadmiyum birikimini azaltarak ve besin alımını artırarak kadmiyum toksisitesini iyileştirebilmiştir (Rahmatizadeha vd. 2019). Örtü altında marulda kadmiyum toksisitesini önlemek için gerçekleştirilen demir uygulamalarının bitki boyunda ciddi bir artışa, katalaz aktivitesi, MDA ve Cd içeriğinde önemli düzeyde azalma sağladığı belirlenmiştir (Canal ve Bozkurt, 2018). Bu durumun sebebini Papoyan ve Kochian (2004) köklerin kadmiyum alımı ve Fe, Mg, Cu ve Zn alımının aynı transmembran taşıyıcılar tarafından yapılmasına bağlamıştır. Bu nedenle kadmiyum diğer besin maddeleri ile rekabete girmekte ve karşılıklı olarak birbirlerinin alımını etkilemektedir (Nazar vd. 2012).

2.5. Mangan Elementinin Bitki Stresi Üzerindeki Etkileri

Mn bitkilerde esas olarak fotosentez, lipid biyosentezi ve oksidatif stres ile ilgili olan ana metabolik faaliyetlerde kofaktör olarak rol almaktadır. Mangan bitkilerde ATP ile enzim kompleksleri için bağ kuran önemli bir mikro elementtir. Fotosentezde, oksijen döngüsünde ve suyun hidrolizinde bitkiler Mn'ye gereksinim duymaktadır. Mn eksikliğinde bitkilerde büyüme ve ürün azalırken patojenlere ve don olaylarının yol açtığı tahribata karşı hassasiyet artmaktadır (Göçmen, 2022).

Kuraklık stresine tabi tutulan ve besin solüsyonuna mangan uygulaması gerçekleştirilen domateslerde bitki gelişimini olumlu etkileyen uygun Mn dozlarının 0.031 ppm ve 0.036 ppm olduğu, dozların artırılmasının bitki gelişimine olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. Uygun dozların olumlu etkilerinin özellikle fotosentezi destekleyici özellikleri sebebiyle görüldüğü düşünülmektedir (Yaşar vd. 2023).

2.6. Molibden Elementinin Bitki Stresi Üzerindeki Etkileri

Molibdenin, çevresel strese karşı toleransının artırılmasında ekzojen olarak uygulandığını bildiren çeşitli çalışmalar mevcuttur (Sun vd. 2014; Wu vd. 2014; Zengin, 2019).

Molibdenin, tuz stresi altında Çin lahanası fidelerinin taze ağırlıkları, antioksidan enzimlerinin aktiviteleri ve enzimatik olmayan antioksidanlarının içeriklerini arttırdığı belirlenmiştir. Molibden uygulamaları ile şeker, protein ve prolin gibi ozmolitlerin birikiminde önemli artışlar meydana gelmiştir (Zhang vd. 2012).

2.7. Silisyum Elementinin Bitki Stresi Üzerindeki Etkileri

Bitkiler için mutlak gerekli olmamasına rağmen silisyumun (Si) bitkide tuz stresi (Yassen vd. 2017; Siddiqui vd. 2014), kuraklık stresi (Neocleous, 2015) ve ağır metal (kurşun, kadmiyum vb.) toksisitesine (Vatehová vd. 2012; Sönmez ve Gülser, 2021) karşı bitki direncini arttırdığı açıklanmıştır.

Solanaceae familyası bitkilerinde Cd stresinin azaltılmasına Si'nin etkisi, gövde ve kök biyokütleleri, kök uzunluğu, kökte Cd, K ve Mg konsantrasyonlarında artışlar olarak belirlenirken, gövde/kök oranı ve Cd translokasyonunda önemli azalmalar saptanmıştır (Emer, 2021). *Brassica chinensis* L. (Pak Choy) türüne ait iki farklı çeşitte Cd toleransının arttırılmasında, Si ilavesinin her iki çeşitte de Cd alımını ve kökten gövdeye taşınımını, antioksidatif enzim aktivitelerini azalttığı belirlenmiştir (Song vd. 2009). Hıyar bitkisinde ise Cd toksisitesinin ortaya çıkardığı klorozu Si uygulanmasının düzelttiği, kloroplastı koruduğu ve pigment içeriklerini arttırdığı, N metabolizması enzimlerini Cd uygulamasının büyük ölçüde inhibe ettiği ve Si uygulamasının ise Cd'nin olumsuz etkilerini azalttığı ifade edilmiştir (Feng vd. 2010). Hidroponik ortamda hıyar ve domates bitkisine Si

uygulayarak yetiştirilen fidelerde köklerin hücre duvarındaki polisakarit seviyelerinin arttığı, domateste kökten gövdeye Cd taşınmasının ve hıyarda kökten Cd alımının azaltılmasıyla Cd birikiminin düşürüldüğü ve Cd toksisitesinin yol açtığı oksidatif zararlanmanın azaldığı belirtilmiştir (Wu vd. 2015). Cucurbitaceae familyası türlerinde Bor uygulamasına göre silisyumla desteklenmiş türlerin gövde ve kök gelişim özellikleri, karotenoid miktarı, membran geçirgenliği ve Bor birikimi artmıştır. Ayrıca, Bor stresi altındaki bitkilere Si uygulaması yapılarak stres etkilerinin giderilmesinde türlerin tepkileri farklı olmuş ve sırasıyla kavun, karpuz, balkabağında olumlu etkiler belirlenirken acur, hıyar ve yazlık kabakta bu etki önemli bulunmamıştır (Ersoy, 2023). Si uygulamasının ıspanak ve lahana bitkilerinin biyokütle ve ağır metal konsantrasyonu ile alımı üzerindeki iyileştirme mekanizması, Cd ve Pb stresi altında değerlendirilmiştir. Kadmiyum uygulaması kök biyokütlesini %53-70 oranında, Pb uygulaması ise kök biyokütlesini kontrole kıyasla %54-61 oranında azaltmıştır. Silisyum gübrelemesi biyokütle toleransını üç kat artırmış ve Pb ve Cd konsantrasyonunu ve alımını önemli ölçüde azaltmıştır (Ngugi vd. 2022). Si uygulaması, baklagil bitkilerinin, Cd ve Pb stresleri altında, Si uygulanmamış bitkilere kıyasla çimlenme yüzdesini, çimlenme oranını ve bağıl su içeriğini artırmıştır (Abu-Muriefah, 2015; Zargar vd. 2019). Silisyumun özellikle ağır metal stresi karşısındaki iyileştirici etkileri silisyumun ağır metallerle oluşturduğu yapılar ve taşınımı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu etki ortamda bulunan Si konsantrasyonu ile değişmektedir (Emer, 2021). İlâveten kök apoplazmasında elementlerin tutulmasının bitkilerin direncini ve canlılığını arttırdığını, Si ve ağır metallerin oluşturduğu komplekslerin hücre duvarları içinde depolanmasının bitkilerin element konsantrasyonunu azaltmasını ve alımını kısıtlamasını teşvik ettiği ve Si'nin bazı antioksidanların aktivitesini etkileyerek bitkilerin membran stabilitesini desteklediği açıklanmıştır (Vaculík vd. 2020).

Silisyumun stres toleransını arttırmadaki etkileri yalnızca ağır metal stresi üzerinde etkili olmamıştır. Tuz stresi üzerine yapılan çalışmalarda da olumlu sonuçlar alınmıştır. Tuz stresine maruz kalmış biber bitkisinde yapılan silisyum uygulaması kök ve yaprak ağırlığı, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarlarında artışlara, Ec değerinde, MDA ve prolin miktarında azalışlara neden olmuştur (Tuna ve Eroğlu, 2017). Sera domates yetiştiriciliğinde tuzluluğun etkisiyle yaprak Na içeriğinin arttığı, bitki

gelişimi, verim, K içeriğini azalttığını; silisyum ilavesinin ise bu etkilerin zararını hafiflettiği belirlenmiştir (Öztekin vd. 2017). NaCl stresi altında yetiştirilen fasulyede silisyum uygulamalarının 100 ve 200 ppm'lik dozlarından kök ve gövde gelişimi ile ilgili parametreler, SPAD değeri, yaprak alanı ve MDA miktarı gibi özelliklere ait sonuçlarda iyileşmeler bildirilmiştir (Oral vd. 2020). Haghghi ve Pessarakli (2013), tuz stresi koşullarında yetiştirilen domates bitkisinde Si uygulaması ile yaş ve kuru ağırlıklarının, kök hacminin ve klorofil konsantrasyonunun arttığını, bitki yaş ağırlığı, klorofil konsantrasyonu, fotosentetik oranı ve yaprak su içeriğine tuzluluğun zararlı etkilerinin azalttığını, sub stomatal CO₂ miktarı ve stoma iletkenliğini azalttığını, fotosentez oranı, mezofil iletkenliği ve bitki su kullanım etkinliğinin iyileştirdiğini tespit etmişlerdir (Ersoy, 2023). Benzer olumlu etkilere tuzlu koşullarda yetiştirilen kavunlarda da ulaşılmış, 1 mM ve 2 mM silisyum uygulamasının kullanılmasının, bitkilerin gelişimini pozitif yönde etkileyeceği sonucuna varılmıştır (Çelik, 2016). Tuz stresine maruz kalmış kuzu marulu (*Valerianella locusta* L.) yetiştiriciliğinde silisyum uygulamalarının bitkilerde verim, nitrat miktarı ve su tüketimini azalttığı; kök boyunu ise arttırdığı bildirilmiştir (Öztekin ve Tural, 2021). Tuzlu topraklarda gerçekleştirilen silisyum uygulamaları tuzların sodyum silikat şeklinde bağlanmasını sağlar böylece bitkinin aldığı sodyum miktarının azalmasına neden olur (Tuna ve Eroğlu, 2017). Ayrıca silisyumun kloroplastlarda bulunan oksijen radikallerini arttırdığı, kloroplast membranındaki zararlanmayı azalttığı belirtilmiştir (Qian vd. 2006; Öztekin vd. 2017). Ayrıca silisyumun bitki dokularına sertlik kazandırması ve böylece hücrelerin deforme olmalarını geciktirdiği de söylenebilir (Çelik, 2016).

Si'den elde edilen faydalar stres koşulları altında daha belirgin olduğundan, yaygın olarak yarı elzem bir element olarak kabul edilir (Liang vd. 2015). Kuraklık stresi altında, Si tedariki, ksilem özsuyundaki çözünür şekerlerin ve/veya amino asitlerin birikimini ve böylece ozmotik itici kuvveti artırarak veya K⁺'nin ksilem özsuyuna taşınmasını aktive ederek ozmotik düzenlemeyi etkiler. (Chen vd. 2018; Zargar vd. 2019). Kuraklık stresi altında, Si'nin ekzojen uygulaması tohum çimlenmesini, biyokimyasal süreçleri iyileştirir ve antioksidan savunmayı artırarak fideyi oksidatif stresten korur. Silisyum uygulaması fotosentez oranını, yaprak ve kök su içeriğini ve ozmotik potansiyeli, su kullanım verimliliğini artırırken, farklı ürün türlerinde

domates (Silva vd. 2012; Shi vd. 2014), kavun (Neocleous 2015), su eksikliği koşullarında terleme oranını, membran geçirgenliğini azaltır. Diğer yandan silisyum kuraklık koşulları altında bitkilerin köklerinde gelişmeyi destekleyerek, taç/kök oranını düşürür böylece kuru madde miktarı ve su içeriğinde artışlar sağlanabilir (Hattori vd. 2005; Öztekin vd. 2017). Silisyumun, bitkilerde su kaybını azaltarak gövdeyi güçlendirdiği bilinmektedir. Ayrıca, silisyum, aşırı birikmesi durumunda bile bitkilere zarar vermeyen nadir elementlerden biridir (Ma vd. 2001; Çetinsoy ve Daşgan, 2016).

3. SONUÇ

Tarımsal kuraklık, tuzluluk ve ağır metal kirliliği gibi çevresel sorunlar tüm dünyada bitki yetiştiriciliğini etkileyen ciddi sorunlardır. Çevresel streslerin yol açtığı olumsuzluklar bitkilere verim ve kalite kayıpları olarak yansımaktadır. Bu kayıpları azaltmaya yönelik uygulamaların belirlenmesi tarımın geleceği için önemli bulunmaktadır. Bitki beslenmesine katkı sağlayan mikro elementlerin stres kaynaklı sorunlara karşı destekleyici fonksiyonlarından yararlanmak gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Mikro elementler ve silisyumun tuzluluk, kuraklık ve özellikle kadminyum ile kurşun gibi ağır metal streslerine karşı olumlu etkileri olduğu görülmüştür. Bu etkilerin fotosentez mekanizmasını desteklemek, oksidatif stres hasarı ve MDA miktarını azaltmak, antioksidatif enzimlerin aktivasyonunu arttırmak, Na alımını ve taşınımını sınırlamak, ozmolit birikimi sağlamak ve bitki gelişimini sürdürmek yoluyla gerçekleştirildiği ortaya konmuştur. Bununla birlikte özellikle demir ve mangan gibi yüksek miktarda kullanımında bitkide hasar oluşturabilme özelliğine sahip mikro elementlerin uygun dozlarının seçilmesi stres etkilerini iyileştirmede anahtar özelliğindedir.

KAYNAKÇA

- Abu-Muriefah, S. S. (2015). Effects of silicon on faba bean (*Vicia faba* L.) plants grown under heavy metal stress conditions. *Afr. J. Agric. Sci. Technol. (AJAST)*, 3(5), 255-268.
- Alomrani, S. O., Kaleem, M., Aslam, M., Habib, F., Jamal, A., Waseem, M., Javed, T. & Wahid, A. (2024). Copper nanoparticles alleviate cadmium stress in *Solanum melongena* through endogenous melatonin and regulation of some physiochemical attributes. *Scientia Horticulturae*, 323, 112546.
- Alpaslan, M., Inal, A., Günes, A., Çıkılı, Y. & Özcan, H. (1999). Effect of zinc treatment on the alleviation of sodium and chloride injury in tomato (*Lycopersicon esculentum* (L.) Mill. Cv. Lale) grown under salinity. *Tr. J. Of Botany*, 23(1999), 1-6.
- Ashraf, M., Afzal, M., Ahmed, R., Mujeeb, F., Sarwar, A. & Ali, L. (2010). Alleviation of detrimental effects of NaCl by silicon nutrition in salt-sensitive and salt tolerant genotypes of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Plant and Soil*, 326(1), 381-391.
- Bolat, İ. & Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 218-228.
- Boysan Canal, S. & Bozkurt, M., A. (2018). Kadmiyum toksisitesine karşı demir gübrelemesi ve arıtma çamurunun marul (*Lactuca sativa* L. var. Longifolia) bitkisinin gelişimine ve antioksidatif enzim aktivitesine etkisi. *YYÜ Tar. Bil. Derg.*, 28(1), 19-26.
- Chen, D., Wang, S., Yin, L. & Deng, X. (2018). How does silicon mediate plant water uptake and loss under water deficiency? *Front Plant Sci.*, 9, 281.
- Cinisi, T. & Yıldız, N. (2019). Domates bitkisinin tuz stresine karşı tepkisinde Nano Zn-Biyo gübre formülasyonlarının etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2), 149-157.
- Çelik, Y. (2016). Kavunda tuz stresi koşullarında silisyum uygulamalarının fide gelişimi ve bazı besin elementi içeriklerine etkileri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri ABD. Yüksek Lisans Tezi. Konya.
- Çelim, S. & Gülser, F. (2020). Farklı demir formlarının kadmiyum stresi altındaki fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. var. Nana) bitkisinin gelişiminde meydana getirdiği değişimler. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(4), 1006-1023.
- Çetinsoy, M. F. & Daşgan, H., Y. (2016). Hıyar yetiştiriciliğinde selenyum ve silisyum yaprak gübrelerinin etkileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, Özel Sayı*, 243-252.
- Doğan, M. & Avu, A. (2013). Kuraklık stresine karşı borun antioksidant enzimlere etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14(1), 94-103.

- Emer, Ö. T. (2021). Solanaceae familyası bitkilerinde kadmiyum stresinin azaltılmasına silisyumun etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Ersoy, Ö. (2023). Cucurbitaceae familyası türlerinde bor toksitesine silisyumun etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale.
- Feng, J., Shi, Q., Wang, X., Wei, M., Yang, F. & Xu, H. (2010). Silicon supplementation ameliorated the inhibition of photosynthesis and nitrate metabolism by cadmium toxicity in *Cucumis sativus* L. *Scientia Horticulturae*, 123, 521–530.
- Feng, Y., Kreslavski, V. D., Shmarev, A. N., Ivanov, A. A., Zharmukhamedov, S. K., Kosobryukhov, A. & Shabala, S. (2022). Effects of iron oxide nanoparticles (Fe_3O_4) on growth, photosynthesis, antioxidant activity and distribution of mineral elements in wheat (*Triticum aestivum*) plants. *Plants*, 11(14), 1894.
- González-García, Y., Cárdenas-Álvarez, C., Cadenas-Pliego, G., Benavides-Mendoza, A., Cabrera-de-la-Fuente, M., Sandoval-Rangel, A., Valdés-Reyna, J. & Juárez-Maldonado, A. (2021). Effect of three nanoparticles (Se, Si and Cu) on the bioactive compounds of bell pepper fruits under saline stress. *Plants*, 10, 217.
- Göçmen, Z. (2022). Tuz stresi altındaki mısır (*Zea mays* L.) bitkilerinde bakır ve mangan içeren bazı bileşiklerin fizyolojik ve biyokimyasal etkilerinin araştırılması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji ABD. Yüksek Lisans Tezi.
- Gül, V. (2022). Stres terminolojisi. Dinler, B. S., Gül, V. (eds.). Bitkilerde abiyotik ve biyotik stres yönetimi içinde (s. 7-172). Türkiye: İksad Publishing House.
- Haghighi, M. & Pesarakli, M. (2013). Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. *Sci-entia Horticulturae*, 161, 111-117.
- Hattori, T., Inanaga, S., Araki, H., Morita, S., Luxova, M. & Lux, A. (2005). Application of silicon enhanced drought tolerance in sorghum bicolor. *Physiologia Plantarum*, 123(4), 459-466.
- Kacar, B. & Katkat, V. (2010). Bitki Besleme. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti.
- Kafkasyalı, D. (2021). Bakır toksisitesinin bitkilerde fizyolojik, morfolojik, biyokimyasal ve transkripsiyonel düzeydeki etkileri. *S.Ü. Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 47(1), 16-34.

- Karademir, E. & Karademir, Ç. (2019). Çinkonun bitkiler üzerindeki etkileri. 3. Anadolu Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi. 28-29 Aralık. Diyarbakır (pp. 156-162).
- Kaya, G. (2024). Effects of drought stress on germination and seedling growth of seed primed with boron in spinach. *Journal of Agricultural Production*, 5(3), 201-207.
- Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stresses II. Water, Radiation, Salt and Other Stres. Kozłowski (Ed.). Academic Press, 3-74.
- Liang, Y., Wong, J. W. & Wei, L. (2005). Silicon-mediated enhancement of cadmium tolerance in maize (*Zea mays* L.) grown in cadmium contaminated soil. *Chemosphere*, 58(4), 475-483.
- Lin, D. & Xing, B. (2007). Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth. *Environmental Pollution*, 150, 243–250.
- Ma, J. F., Goto, S., Tamai, K. & Ichi, M. (2001). Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice. *Plant Physiology*, 127, 1773-1780.
- Machado, R. M. A. & Serralheiro, R. P. (2017). Soil salinity: effect on vegetable crop growth. management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae*, 3(2), 30.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press.
- Meheri, A., Talebi, S., M., Amini, F. & Bangan, A. D. B. (2017). Effects of iron nanoparticles on *Mentha piperita* L. under salinity stress. *Biologija*, 63(1), 65-75.
- Munne-Bosch, S. & Penuelas, J. (2003). Photo-and antioxidative protection during summer leaf senescence in *Pistacia lentiscus* L. grown under mediterranean field conditions. *Annals of Botany*, 92, 385-391.
- Nazar, R., Iqbal, N., Masood, M., Khan, M. I. R., Syeed, S. & Khan, N. A. (2012). Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation. *American Journal of Plant Sciences*, 3, 1476-1489.
- Neocleous, D. (2015). Grafting and silicon improve photosynthesis and nitrate absorption in melon (*Cucumis melo* L.) plants. *J. Agric. Sci. Technol.*, 17, 1815-1824.
- Ngugi, M. M., Gitari, H. I., Muui, C. W. & Gweyi-Onyango, J. P. (2022). Growth tolerance, concentration, and uptake of heavy metals as ameliorated by silicon application in vegetables. *International Journal of Phytoremediation*, 24(14), 1543-1556.
- Noman, A., Ali, Q., Maqsood, J., Iqbal, N., Javed, M. T., Rasool, N. & Naseem, J. (2018). Deciphering physio-biochemical, yield, and nutritional quality attributes of water-stressed radish (*Raphanus sativus* L.) plants grown from Zn-Lys primed seeds. *Chemosphere*, 195, 175-189.

- Oral, E., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M. & Kulaz, H. (2020). Silisyumun fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) tuz (NaCl) stresini azaltmadaki etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1616-1625.
- Öztekin, G. B. & Tural, A. (2021). Kuzu marulu (*Valerianella locusta* L. Laterr) yetiştiriciliğinde besin solüsyonuna silisyum ilavesinin tuz stresine karşı etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 37(1), 36-46.
- Öztekin, G. B., Tüzel, Y. & Tüzel, İ. H. (2017). Serada topraksız domates yetiştiriciliğinde silisyumun tuz stresine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(Özel Sayı), 243-256.
- Qian, Q. Q., Zai, W. S., Zhu, Z. J. & Yu, J. Q. (2006). Effects of exogenous silicon on active oxygen scavenging systems in chloroplasts of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under salt stress. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 32, 107- 112.
- Pérez-Labrada, F., López-Vargas, E. R., Ortega-Ortiz, H., Cadenas-Pliego, G., Benavides-Mendoza, A. & Juárez-Maldonado, A. (2019). Responses of tomato plants under saline stress to foliar application of copper nanoparticles. *Plants*, 8(6), 151.
- Rahmatizadeha, R., Mohammad, S., Arvin, J., Jameia, R., Mozaffari, H. & RezaNejhad, F. (2017). Response of tomato plants to interaction effects of magnetic (Fe₃O₄) nanoparticles and cadmium stress. *Journal Of Plant Interactions*, 14(1), 474–481.
- Rout, G. R. & Sahoo, S. (2015). Role of iron in plant growth and metabolism. *Reviews in Agricultural Science*, 3, 1-24.
- Sarı, G. (2019). Çinko uygulamalarının kısıntılı sulama şartlarında ‘Alphonse lavallée’ ve ‘Italia’ sofralık üzüm çeşitlerinin gelişimi ve fizyolojisine etkileri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri ABD. Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Sevgi, K. (2023). Kurşun ve bakır uygulamasının *Cucurbita moschata* Duch. 'nın bazı ekofizyolojik parametreleri ve antioksidan savunma sistemi üzerine etkileri. Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Moleküler Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Shalaby, O. & El-Messairy, M. M. (2018). Humic acid and boron treatment to mitigate salt stress on the melon plant. *Acta Agriculturae Slovenica*, 111(350-2), 349-356.
- Shen, C., Fu, H., Huang, B., Liao, Q., Huang, Y., Wang, Y., Wang, Y. & Xin, J. (2023). Physiological and molecular mechanisms of boron in alleviating cadmium toxicity in *Capsicum annuum*. *Science of The Total Environment*, 903, 166264.

- Shi, Y., Zhang, Y., Yao, H., Wu, J., Sun, H. & Gong, H. (2014). Silicon improves seed germination and alleviates oxidative stress of bud seedlings in tomato under water deficit stress. *Plant Physiol. Biochem*, 78, 27-36.
- Silva, O. N., Lobato, A. K. S., Ávila, F. W., Costa, R. C. L., Oliveira Neto, C. F., Santos Filho, B. G., Martins Filho, A. P., Lemos, R. P., Pinho, J. M., Medeiros, M. B. C. L., Cardoso, M.S. & Andrade, I.P. (2012). Silicon-induced increase in chlorophyll is modulated by the leaf water potential in two water-deficient tomato cultivars. *Plant Soil Environ.*, 58, 481-486.
- Song, A., Li, Z., Zhang, J., Xue, G., Fan, F. & Liang, Y. (2009). Silicon-enhanced resistance to cadmium toxicity in *Brassica chinensis* L. is attributed to si-suppressed cadmium uptake and transport and Si-enhanced antioxidant defense capacity. *Journal of Hazardous Material*, 172(1), 74-83.
- SongWei, W., ChengXiao, H., Qiling, T., Lu, L., Yong, Z. & XueCheng, S. (2015). Drought stress tolerance mediated by zinc-induced antioxidative defense and osmotic adjustment in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(8), 167.
- Sun, X., Tan, Q., Nie, Z., Hu, C. & An, Y. (2014). Differential expression of proteins in response to molybdenum deficiency in winter wheat leaves under low temperature stress. *Plant Molecular Biology Reporter*, 32(5), 1057.
- Tuna, A. L. & Eroğlu, B. (2017). Tuz stresi altındaki biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinde bazı organik ve inorganik bileşiklerin antioksidatif sisteme etkileri. *Anadolu Tarım Bilim. Derg.*, 32, 121-131.
- Uğur, A. & Saka, A. K. (2022). Bor ve salisilik asit uygulamalarının acı ve tatlı kıl biberde verim, meyve kalitesi ve biyokimyasal içerikler üzerine etkileri. *Bahçe*, 51(Özel Sayı 1), 286-293.
- Vaculík, M., Lukačová, Z., Bokor, B., Martinka, M., Tripathi, D. K. & Lux, A. (2020). Alleviation mechanisms of metal(loid) stress in plants by silicon: a review. *Journal of Experimental Botany*, 71(21), 6744–6757.
- Vatehová, Z., Kollárová, K., Zelko, I., Richterová, D., Bujdoš, M. & Lišková, D. (2012). Interaction of silicon and cadmium in *Brassica juncea* and *Brassica napus*. *Biologia*, 67(3), 498-504.
- Vijayalakshmi, D. (2018). Abiotic stresses and its management In agriculture. Tamil Nadu Agricultural University Agritech, Coimbatore, 361-387.
- Welch, R. M., Webb, M. J. & Loneragan, J. F. (1982). Zinc in membrane function and its role in phosphorus toxicity. In: Scaife, A. (Ed.). Proc. 9th International Plant Nutrition. Coll. p 710-715. Commonw. Agric. Bur., Farnham Royal. Bucks. ISBN 0-85198- 505-X.

- Wu, J., Guo, J., Hu, Y. & Gong, H. (2015). Distinct physiological responses of tomato and cucumber plants in silicon mediated alleviation of cadmium stress. *Frontiers in Plant Science*, 6, 453.
- Wu, S., Hu, C., Tan, Q., Nie, Z. & Sun, X. (2014). Effects of molybdenum on water utilization, antioxidative defense system and osmotic-adjustment ability in winter wheat (*Triticum aestivum*) under drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 83, 365-374.
- Yaşar, F., Üzal, Ö., Erez, M., E., Tuğa, H., Alacı Baytin, R., Kaymaz, Ö., Abdullah Hassan, D. & Yaşar, Ö. (2023). Kuraklık stresi uygulanmış ve uygulanmamış domates bitkilerine farklı dozlarda mangan uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1), 105-115.
- Zargar, S. M., Mahajan, R., Bhat, J. A., Nazir, M. & Deshmukh, R. (2019). Role of silicon in plant stress tolerance: opportunities to achieve a sustainable cropping system. *Biotech*. 9, 73.
- Zengin, B. (2019). Kadmiyum stresi altında yetiştirilen buğdayda ekzojen molibden uygulamasının tolerans, büyüme ve kloroplastik antioksidanlar üzerindeki etkileri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji ABD. Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Zhang, M., Chengxiao, H., Xiaohu, Z., Qiling, T., Xuecheng, S., Anyong, C., Min, C. & Zhang, Y. (2012). Molybdenum improves antioxidant and osmotic-adjustment ability against salt stress in chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. Pekinensis). *Plant and Soil*, 355(1/2), 375.
- Zhao, C., Zhang, H., Song, C., Zhu, J. K. & Shabala, S. (2020). Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. *The Innovation*, 1(1).
- Zhao, L., Peralta-Video, J. R., Rico, C. M., Hernandez-Viezcas, J. A., Sun, Y., Niu, G., Servin, A., Nunez, J. E., Duarte-Gardea, M. & Gardea-Torresday, J. L. (2014). CeO₂ and ZnO nanoparticles change the nutritional qualities of cucumber (*Cucumis sativus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 2752-2759.
- Zhu, J. K. (2003). Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Plant Biol.* 6, 441-445.

BÖLÜM 7

VAN- ERCİŞ VE GEVAŞ İLÇELERİNDE SEBZE YETİŞTİRİLEN ARAZİLERİN TOPRAK ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM DURUMLARI

Dr. Öğr. Üyesi Bulut SARGİN^{1*}

Doç. Dr. Siyami KARACA²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14576061>

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,
Van-Türkiye ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4752-4333>

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,
Van-Türkiye ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2434-1171>

*sorumlu yazar: bulutsargin@yyu.edu.tr

1. GİRİŞ

Sebze üretimi dünya genelinde tarımsal faaliyetlerin temel bileşenlerinden biri olarak gıda güvenliği ve ekonomik kalkınma açısından kritik bir öneme sahiptir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre 2016 yılında dünya genelinde sebze üretimi yaklaşık 1 milyar ton seviyesine ulaşmıştır. Bu üretimin büyük bir kısmı Çin ve Hindistan gibi Asya ülkelerinde yoğunlaşmıştır. Türkiye ise aynı dönemde yaklaşık 30 milyon ton sebze üretimi ile dünya üretiminin %2,78'ini karşılayarak, önemli üretici ülkeler arasında yer almıştır. Türkiye'nin coğrafi avantajları ve iklim çeşitliliği, sebze üretiminde dünya genelinde stratejik bir konuma sahip olmasını sağlamaktadır.

Son yıllarda Türkiye'de sebze üretim alanlarında ve üretim miktarlarında düzenli bir artış gözlenmiştir. Özellikle domates, biber, patlıcan, kavun ve karpuz gibi ürünler, toplam sebze üretiminin %82,5'ini oluşturarak sektörde önemli bir yer tutmaktadır. Bu ürünler arasında domates, yaklaşık %40-45 oranında bir pay ile üretimde en fazla öneme sahip olan sebze türüdür (Güvenç, 2018). Türkiye genelinde açık tarla sebzeçiliği, hemen hemen tüm bölgelerde uygulanmakta olup, sofralık tüketim ve sanayiye yönelik üretim için temel bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanında, örtü altı yetiştiriciliği ise Akdeniz ve Ege Bölgeleri'nde yoğunlaşmış olup, sebze üretiminde büyük oranda sofralık tüketime hizmet etmektedir (Duman vd., 2020).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, 2023 yılında Türkiye'de toplam sebze üretimi bir önceki yıla göre %0,6 artış göstererek yaklaşık 31,8 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Bu dönemde domates üretimi %2,3 artışla 13,3 milyon ton seviyesine ulaşmıştır. Ancak, karpuz ve kavun gibi ürünlerde üretim miktarlarında sırasıyla %7,3 ve %11,6 oranında azalma yaşanmıştır (TÜİK, 2024). 2022 yılı itibarıyla örtü altı üretim, Türkiye genelinde 74 ilde uygulanmış ve toplam örtü altı üretiminin %91'i sebze, %8'i meyve, %1'i ise süs bitkilerinden oluşmuştur. Bu üretim yönteminde, hıyar, biber ve patlıcan gibi sebzeler ön plana çıkmıştır (TÜİK, 2023). Sebze üretimindeki artış, modern tarım tekniklerinin yaygınlaşması ve tarımsal desteklerin artırılmasıyla ilişkilendirilmektedir. Ancak, artan girdi maliyetleri (gübre, mazot, tohum), sulama altyapısındaki eksiklikler ve iklim değişikliği gibi sorunlar, sektörde sürdürülebilir üretim hedeflerini olumsuz

etkilemektedir. Bu bağlamda, etkin tarımsal politikaların uygulanması ve çiftçilere sağlanan desteklerin artırılması, Türkiye'nin sebze üretimindeki rekabet gücünü artırmak için kritik öneme sahiptir (Engindeniz, 2009).

Sebze üretim alanları ürün türlerine göre analiz edildiğinde, domates, karpuz, taze fasulye, hıyar, patlıcan, kavun ve lahana gibi sebzelerin toplam sebze üretim alanının %67'sini oluşturduğu görülmektedir. Bu ürünler, sektörde üretim ve tüketim dinamiklerini yönlendiren temel sebze türleridir.

Van ili Erciş ve Gevaş ilçelerindeki tarım arazilerinin 2014-2023 yılları arasındaki değişimi, bölgenin tarımsal faaliyetlerinde önemli dinamiklerin bulunduğunu göstermektedir. Erciş'te tarım alanlarında 2014-2019 döneminde bir azalma gözlemlenmiş ve alan büyüklüğü 447.284 dekaradan 417.779 dekara gerilemiştir. Ancak, 2020 sonrası dönemde tarım alanlarında hızlı bir artış yaşanmış ve 2023 itibarıyla bu değer 529.907 dekara ulaşmıştır. Gevaş ilçesinde ise 2014-2019 döneminde tarım alanı büyüklüğü büyük ölçüde sabit kalmış, ancak 2020 sonrası dönemde düzenli bir artışla 133.148 dekara yükselmiştir. Gevaş'ın tarım alanlarındaki artış oranı %76,5 ile Erciş'teki %18,5'lik artışı geride bırakmıştır. Bu veriler, 2019 sonrası dönemde bölgede tarımsal faaliyetlerin canlandığını ve tarıma yönelik olumlu dönüşümlerin gerçekleştiğini ortaya koymaktadır (Tablo 1).

Tablo 1: Erciş ve Gevaş ilçelerinin tarım yapılan arazi varlığı (2014-2023)

Yıllar	Erciş (da)	Gevaş (da)
2014	447284	75445
2015	441204	75452
2016	435040	75737
2017	428192	75462
2018	426901	75414
2019	417779	76181
2020	422260	107333
2021	508829	127117
2022	520629	131856
2023	529907	133148

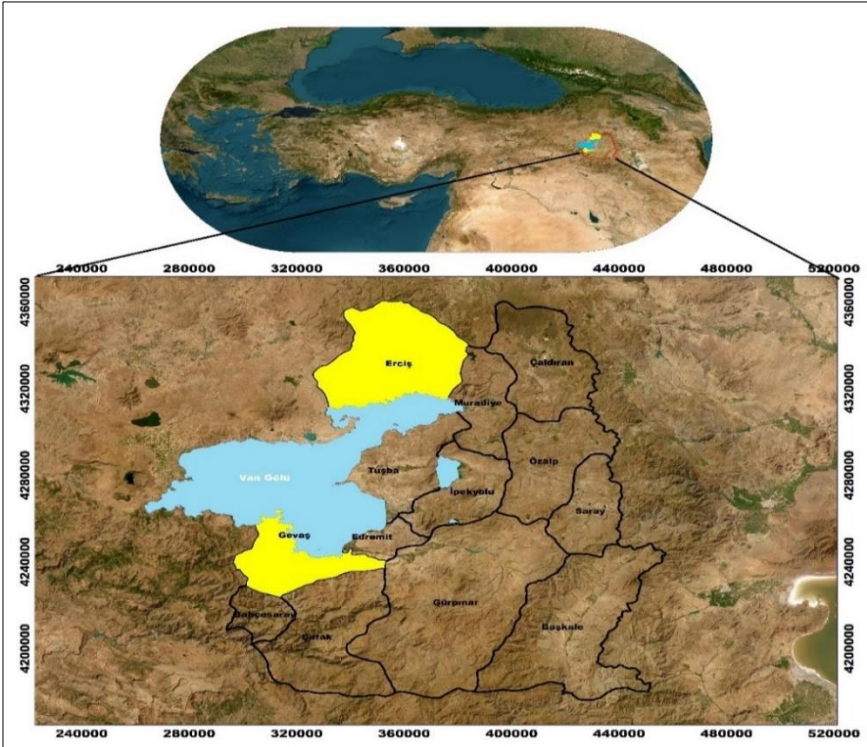
Bu çalışmada, Van ili Erciş ve Gevaş ilçelerinde sebze yetiştirilen alanların toprak özellikleri envanter raporlarına göre verilmiştir. Ayrıca sebze

yetiştirilen alanlarının ve üretim miktarlarının yıllara göre (2014-2023) değişimi ortaya konmuştur.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışma, Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Van ili Erciş ve Gevaş ilçelerini kapsamaktadır. Erciş ilçesi; 320000-390000 doğu boylamları ve 4310000-4370000 kuzey enlemleri (UTM 38 Zone), Gevaş ilçesi; 290000-360000 doğu boylamları ve 4220000-4270000 kuzey enlemleri (UTM 38 Zone) arasında konumlanmaktadır (Şekil 1). Erciş ilçesi deniz seviyesinden 1638-3524 metre arasındaki yüksekliklerde yer alırken, Gevaş ilçesi ise deniz seviyesinden 1636-3531 metre arasındaki yüksekliklerde yer almaktadır (Karaca vd., 2019). Çalışma sınırları içerisinde yer alan iki ilçe karasal iklimin etkisi altındadır.



Şekil 1: Çalışma alanı lokasyon haritası (Karaca vd., 2019)

Bu çalışmada, Erciş ve Gevaş ilçelerinin 2000-2023 yılları arasında faaliyet gösteren meteorolojik istasyonlardan elde edilen uzun yıllara ait ortalama sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır. (Tablo 2 ve Tablo 3). Tablo 2’de uzun yıllara (2000-2023) ait meteorolojik verilere göre, Van ili Erciş ilçesinin yıllık ortalama sıcaklığı 8.67°C, yıllık yağış miktarı ise 446.8 mm olarak kaydedilmiştir (MGM, 2024).

Tablo 2: Van Erciş meteoroloji istasyonundan alınan uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri

VAN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
OS (°C)	-4.7	-3.3	2.0	7.7	12.6	18.2	22.2	20.0	16.8	10.4	3.8	-1.7	8.67
AYTMO (mm)	36.9	37.7	57.9	79.2	53.6	11.9	13.3	6.9	17.0	48.8	44.7	38.9	446.8

OS: Ortalama Sıcaklık (°C), AYTMO: Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)

Tablo 3’te uzun yıllara (2000-2023) ait meteorolojik verilere göre, Van ili Gevaş ilçesinin yıllık ortalama sıcaklığı 9.42°C, yıllık yağış miktarı ise 523.1 mm olarak kaydedilmiştir (MGM, 2024).

Tablo 3: Van Gevaş meteoroloji istasyonundan alınan uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri

VAN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
OS (°C)	-2.9	-1.7	3.1	8.4	12.8	17.8	21.5	21.4	17.1	11.0	4.5	0	9.42
AYTMO (mm)	50.0	49.6	72.5	77.3	52.7	18.0	13.8	5.4	16.0	51.7	56.5	59.6	523.1

OS: Ortalama Sıcaklık (°C), AYTMO: Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)

Çalışmada Erciş ve Gevaş ilçelerinin sebze üretim alanları ve üretim verileri Türkiye İstatistik Kurumu il göstergelerinden (TÜİK, 2024) elde edilen verilerden elde edilmiştir. Çalışma alanına ait toprak özellikleri ile ilgili veriler için il envanter (Anonim, 1984-1987) raporlarından faydalanılmıştır.

2.2. Yöntem

Sebze tarımı üzerindeki önemli etkisi olan iklim verileri, Meteoroloji 14. Van Bölge Müdürlüğü’nden sağlanmış olup, tablolar halinde verilmiştir. Bölgedeki sebze üretiminde, sıcaklık ve yağış miktarlarının yanı sıra toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri de verimliliği doğrudan etkilemektedir. Sebze tarımı yapılan alanların verimlilik durumu, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Van İli Verimlilik Envanteri ve Gübre İhtiyaç Raporu’nda (Anonim, 1987) yer alan toprak analiz verilerine dayanılarak

gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, pH, tuz oranı, kireç, organik madde ve potasyum gibi parametreler, bölgedeki sebze tarım alanlarının gübreleme ihtiyaçlarını ve tarımsal üretim potansiyelini belirlemede önemli veriler sunmaktadır. Ayrıca, büyük toprak grupları ve arazi kullanım kabiliyeti sınıfları dikkate alınmıştır (Anonim, 1984). Çalışma kapsamında, Van ilinde domates, fasulye, biber ve patlıcan gibi sebzelerin ekim alanlarındaki değişimler ve üretim miktarları incelenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma Alanı Toprak Özellikleri ve Verimlilik Durumu

Büyük toprak grupları sınıfları

Erciş ilçesinin toprak özelliklerine bakıldığında (Tablo 4), bölgenin büyük ölçüde kireçsiz kahverengi topraklarla (U) kaplı olduğu dikkat çekmektedir. Toplam alanın %72,18'ini oluşturan bu topraklar, yaklaşık 136714.50 dekarlık bir alanı kapsamaktadır. Kireçsiz kahverengi topraklar, genellikle karasal iklimin etkisi altında oluşan, organik madde açısından zengin ve tarımsal üretime oldukça uygun bir yapıya sahiptir. Bunun yanında, kahverengi topraklar (B) %6.96 ile ikinci en büyük toprak grubu olarak öne çıkarken, regosoller (L) %6.13 ve alüvyal topraklar (A) %5.71 oranında yer kaplamaktadır. Diğer toprak grupları, hidromorfik, kolüvyal, kahverengi orman toprakları ve gri kahverengi podzolik topraklar gibi daha küçük alanlarda bulunmakta, yerleşim alanları, göller ve çıplak kayalıklar ise toprağın sınırlı bir kısmını kapsamaktadır (Karaca vd., 2019).

Bu toprak dağılımı, bölgenin tarımsal potansiyelini anlamak açısından önemli ipuçları vermektedir. Özellikle kireçsiz kahverengi toprakların geniş bir alanı kaplaması, Erciş'in tarım için elverişli koşullara sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, diğer toprak gruplarının varlığı da dikkate alınmalı, her birinin tarımsal ve ekolojik kullanımı için uygun stratejiler geliştirilmelidir. Literatürde de belirtildiği gibi, kireçsiz kahverengi topraklar, Türkiye'nin İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde yaygın olarak görülmekte ve bu toprakların tarımsal üretime sunduğu katkılar, bölgesel kalkınma açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, Erciş'in toprak çeşitliliği, tarımsal uygulamalarda sürdürülebilir yaklaşımlar benimsenmesi halinde önemli avantajlar sunabilir.

Tablo 4: Erciş ilçesinin büyük toprak grupları sınıfları

Büyük Toprak Grupları	Alan (da)	Oran (%)
Alüvyal topraklar (A)	10814.57	5.71
Hidromorfik topraklar (H)	839.83	0.44
Kolüvyal topraklar (K)	5517.42	2.91
Regosoller topraklar (L)	11607.33	6.13
Kahverengi topraklar (B)	1029.41	0.54
Kireçsiz kahve rengi topraklar (U)	13188.65	6.96
Kahverengi orman toprakları (M)	136714.5	72.18
Gri kahverengi podzolik topraklar	11.70	0.01
Göl ve gölet	934.79	0.49
Çıplak kayalık	7947.24	4.20
Yerleşim ve diğer yerler	803.73	0.42
Toplam	189409.17	100.00

Tablo 5'te Gevaş ilçesinin topraklarına ait veriler incelendiğinde, en geniş alanı kestane renkli toprakların (CE) kapladığı görülmektedir. Toplam yüzeyin %57,51'ine denk gelen bu toprak grubu, yaklaşık 51.099.08 dekarlık bir alanı kapsamaktadır. Kestane renkli topraklar, yarı kurak iklim koşullarında oluşan ve genellikle tarımsal üretim için uygun olan bir yapıya sahiptir. Bu toprakları %25,49'luk bir oranla kireçsiz kahverengi topraklar (U) takip ederken, kahverengi topraklar (B) %6,52 ile üçüncü sırada yer almaktadır. Alüvyal topraklar (A) %1,25'lik sınırlı bir alana sahipken, hidromorfik topraklar (H) ve kolüvyal topraklar (K) daha küçük yüzeylerde bulunmaktadır. Ayrıca, çıplak kayalık alanlar %7.13, göl ve göletler %0,67, yerleşim alanları ise %0.60'lık bir oranla toplam yüzeyde küçük bir yer kaplamaktadır (Karaca vd., 2019).

Gevaş ilçesinin toprak çeşitliliğini ve tarımsal potansiyelini anlamak açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Özellikle kestane renkli toprakların geniş yayılımı, organik madde zenginliği ve su tutma kapasitesi gibi özellikleri sayesinde tarım için oldukça elverişli bir ortam sağlamaktadır. Bununla birlikte, diğer toprak gruplarının kullanım potansiyelinin de göz önünde bulundurulması, bölgenin sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sunabilir. Literatürde de belirtildiği gibi, kestane renkli ve kireçsiz kahverengi topraklar, Türkiye'nin yarı kurak iklim bölgelerinde yaygın olarak bulunur ve tarımsal üretime uygun koşullar yaratır (Karaca vd., 2019; Sarğın ve Karaca., 2023).

Tablo 5: Gevaş ilçesinin büyük toprak grupları sınıfları

Büyük Toprak Grupları	Alan (da)	Oran (%)
Alüvyal topraklar (A)	1114.18	1.25
Hidromorfik topraklar (H)	138.98	0.16
Kolüvyal topraklar (K)	594.8	0.67
Kestane rengi topraklar (CE)	51099.08	57.51
Kahverengi topraklar(B)	5794.08	6.52
Kireçsiz Kahve rengi topraklar (U)	22650.74	25.49
Göl ve gölet	594.06	0.67
Çıplak kayalık	6330.72	7.13
Yerleşim ve diğer yerler	533.26	0.60
Toplam	88849.90	100.00

Toprak derinlik sınıfları

Tablo 6’da Van ili Erciş ve Gevaş ilçeleri toprak derinliklerinin dağılımı (Anonim, 1984), tarımsal potansiyel açısından çarpıcı farklılıklar sergilenmektedir. Erciş’te, orta derin (50-90 cm) topraklar %27,32 ile en geniş alanı kaplarken, Gevaş’ta toprakların %31,97’si çok sığ (0-20 cm) sınıfta yer almaktadır. Bu durum, her iki bölgenin tarımsal verimliliğini şekillendiren temel bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Örneğin, Erciş’te daha derin topraklar bitki köklerinin suya ve besin maddelerine erişimini artırarak tarımsal faaliyetler için avantaj sağlarken, Gevaş’ta sığ topraklar kök gelişimini ve su tutma kapasitesini sınırlayarak daha hassas bir tarım yönetimi gerektirmektedir (Lal, 2020). Bununla birlikte, Gevaş’ta derin (90-120 cm) toprakların oranı yalnızca %2,7 ile sınırlıyken, Erciş’te bu oran %19.11’e ulaşmaktadır.

Tablo 6: Erciş ve Gevaş ilçelerinin toprak derinlik sınıfları

Derinlik (cm)	Erciş		Gevaş	
	Alan (da)	Oran (%)	Alan (da)	Oran (%)
Çok sığ (0-20)	35085.67	18.52	28409.19	31.97
Sığ (20-50 cm)	39505.02	20.86	26134.61	29.41
Orta derin (50-90 cm)	51754.95	27.32	15735.48	17.71
Derin (90 cm -120)	36193.96	19.11	2398.84	2.7
Çok derin (120+)	17183.79	9.07	8713.74	9.81
Göl ve gölet	934.79	0.49	594.06	0.67
Çıplak Kayalık	7947.24	4.20	6330.72	7.13
Yerleşim ve diğer yerler	803.73	0.42	533.26	0.60
Toplam	189409.17	100.00	88849.90	100.00

Bu veriler, her iki ilçenin toprak derinlik profillerinin tarımsal planlama süreçlerinde dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Literatürde de belirtildiği gibi, derin topraklar bitki büyümesini destekleyen daha elverişli koşullar sunarken (FAO, 2019), sığ topraklarda sürdürülebilir tarım ancak

uygun yönetim stratejileri ile mümkün olabilmektedir. Erciş'in tarımsal açıdan sunduğu bu avantaj, Gevaş için de farklı yöntemlerle telafi edilebilecek bir durum yaratmaktadır. Dolayısıyla, bu iki bölgenin toprak yapılarındaki farklılıklar, bölgesel tarım politikalarının ve yönetim stratejilerinin çeşitlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Arazi kullanım kabiliyet sınıfları

Tablo 7'de Van ili Erciş ve Gevaş ilçelerindeki arazi kullanım kabiliyet sınıfları (Anonim, 1984), bölgenin sebze üretim kapasitesini ve ekolojik potansiyelini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır (Brady ve Weil 2008). Erciş ve Gevaş ilçelerinin arazi kullanım kabiliyet sınıfları incelendiğinde, iki bölge arasında önemli farklılıklar olduğu göze çarpmaktadır. Erciş'te VII. sınıf araziler, toplam alanın %38,83'ünü oluşturarak en geniş arazi grubunu temsil ederken, Gevaş'ta bu oran %74,57 gibi oldukça yüksek bir seviyededir. VII. sınıf araziler genellikle erozyon riski taşıyan, eğimli ve tarımsal üretim için sınırlı potansiyele sahip alanlardır. Buna karşın, tarıma daha uygun olan I. ve II. sınıf araziler Gevaş'ta toplamda %8,49 oranında bulunurken, Erciş'te bu oran %11,82'ye ulaşmaktadır. Birinci ve ikinci sınıf araziler, tarımsal üretim açısından en elverişli topraklar arasında yer almakta ve yüksek verim potansiyeli ile öne çıkmaktadır. Bu araziler, uygun toprak yapısı ve etkili drenaj özellikleri sayesinde minimum kısıtlamalarla kullanılabilir, bu da bölgenin tarım ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır (Karaca vd., 2019; Brady ve Weil, 2008)

Ayrıca, III. ve IV. sınıf araziler de Gevaş'ta %4,97 gibi sınırlı bir orana sahipken, Erciş'te %19,52 ile daha geniş bir alan kaplamaktadır (Tablo 7). Bu durum, Erciş'in tarımsal faaliyetlere daha elverişli bir arazi yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Dördüncü sınıf araziler, tarımsal üretim için belirgin sınırlamalara sahip olup, genellikle mera ve otlak olarak değerlendirilmektedir. Bu alanlar, erozyon kontrolü ve su yönetimi gibi özel tedbirler gerektirir (Tuğaç ve Torun, 2006). Beşinci sınıf araziler, tarımsal faaliyetler için oldukça kısıtlı bir potansiyele sahip olup, çoğunlukla doğal bitki örtüsü veya çalılıklarla kaplıdır. Altıncı sınıf araziler tarım için elverişsiz olup, genellikle ormanlık alanlar veya doğal rezervler şeklinde korunmaktadır (Alevkayalı ve Tağıl, 2020).

Gevaş'ın arazi kullanım kabiliyet sınıfları dağılımı (Tablo 7), bölgenin coğrafi ve iklimsel koşullarının tarımsal üretim açısından daha sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır (Karaca vd., 2019). Bu bölgede yaygın olan VII. ve VIII. sınıf araziler, genellikle mera, otlak ya da ormancılık faaliyetleri için daha uygundur. Erciş'te ise tarım alanlarının görece daha geniş olması, bölgenin tarımsal üretim potansiyelini artırmaktadır. Bununla birlikte, her iki ilçede yerleşim ve diğer kullanım alanları toplam arazinin yalnızca küçük bir kısmını oluştururken, göl ve gölet oranları Gevaş'ta %0,60, Erciş'te ise %0,49 düzeyindedir. Yedinci sınıf araziler, tarım dışı kullanımlar için uygun olup, çoğunlukla ormanlık alanlar veya doğal parklar olarak muhafaza edilir. Sekizinci sınıf araziler ise tarımsal üretime uygun olmayan, doğal ekosistemlerin korunması amacıyla ayrılmış alanlardır. Bu sınıflandırma, arazilerin sürdürülebilir kullanımını sağlamak ve doğal kaynakların korunmasını desteklemek amacıyla yapılmaktadır (Seyitoğulları vd., 2024). Bu veriler, iki bölge arasındaki arazi kullanım özelliklerinin dikkatli planlama ve sürdürülebilir yönetim stratejileri gerektirdiğini açıkça ortaya koymaktadır. Literatürde de vurgulandığı üzere, arazi kullanım kabiliyet sınıfları, bölgesel kalkınma ve tarımsal planlama süreçlerinde kaynakların etkin ve uzun vadeli bir şekilde yönetilmesine rehberlik etmektedir.

Tablo 7: Erciş ve Gevaş ilçelerinde arazi kullanım kabiliyet sınıfları

A.K. K. S	Erciş		Gevaş	
	Alan (da)	Oran (%)	Alan (da)	Oran (%)
I	6357.57	3.36	661.54	0.74
II	16022.49	8.46	6882.16	7.75
III	13929.41	7.35	2979.79	3.35
IV	23054.17	12.17	1441.05	1.62
V	1108.48	0.59	138.98	0.16
VI	45709.83	24.13	3033.97	3.41
VII	73541.47	38.83	66254.36	74.57
VIII	7947.24	4.20	6330.72	7.13
Göl ve gölet	934.79	0.49	533.26	0.60
Yerleşim ve diğer yerler	803.73	0.42	594.06	0.67
Toplam	189409.17	100.00	88849.90	100.00

Tablo 8 ve Tablo 9'da Van ili Erciş ve Gevaş ilçelerindeki büyük toprak gruplarının ortalama analiz değerleri, bölgenin tarımsal potansiyelini ve uygun toprak yönetim stratejilerinin geliştirilmesini anlamak için önemli bilgiler

sunulmaktadır (Anonim, 1987). Tablo 8’de Erciş’te toprak pH değerleri 7.5 ile 7.6 arasında değişirken, Tablo 9’da Gevaş ilçesinde bu değerler 7.2 ile 7.7 arasında değişim göstermektedir. Toprak pH’sı her iki ilçede de genel olarak nötr ila hafif alkali özellik arasında değişim göstermektedir. Tuz içeriği bakımından Erciş’te %0.043 ile %0.083 arasında, Gevaş’ta ise %0.047 ile %0.070 arasında değerler tespit edilmiştir (Tablo 8 ve Tablo 9). Erciş’te hidromorfik alüvyal topraklar (%0.083), Gevaş’ta ise kestane renkli topraklar (%0.070) en yüksek tuz içeriğine sahip olup, bu durum drenaj ve su yönetiminin her iki bölgede de önemini vurgulamaktadır (Karaca vd., 2019). Kireç içeriği bakımından Erciş’te kireçsiz kahverengi topraklar (%15.60) en yüksek değeri gösterirken, Gevaş’ta kolüvyal topraklar (%23.00) en yüksek seviyededir. Gevaş’ta kireçsiz kahverengi topraklar (%3.80), Erciş’te ise hidromorfik alüvyal topraklar (%1.48) en düşük kireç oranına sahiptir. Organik madde oranları Erciş’te %0,45 ile %1.15 arasında değişirken (Tablo 8), Gevaş’ta %1.28 ile %2.07 arasında değişmektedir (Tablo 9). Her iki ilçede de organik madde açısından zengin olan kireçsiz kahverengi topraklar ve kestane renkli topraklar, sebze ve meyve gibi organik madde gereksinimi yüksek olan bitkiler için daha elverişli olabilir. Ancak, kolüvyal ve kahverengi toprakların yüksek kireç oranı, bazı bitkilerde besin alımını kısıtlayabilir (Yiğini, 2014). Potasyum (K_2O) içerikleri incelendiğinde, Erciş’te kolüvyal topraklar (104,0 kg/da) en düşük seviyede, kahverengi topraklar (126,4 kg/da) en yüksek seviyededir. Gevaş’ta ise kestane renkli topraklar 96,7 kg/da ile en yüksek, alüvyal ve kolüvyal topraklar 58,5 kg/da ile en düşük seviyeyi göstermektedir. Bu veriler, bölgedeki tarımsal faaliyetlerin toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri dikkate alınarak planlanması gerektiğini vurgulamakta, sürdürülebilir üretim için uygun toprak yönetim stratejilerinin geliştirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Tablo 8: Erciş ilçesi büyük toprak gruplarının ortalama toprak analiz değerleri

Büyük Toprak Grupları	pH	Total tuz (%)	Kireç (%)	O.M (%)	K ₂ O (kg/da)
Alüvyial topraklar (A)	7.5	0.052	11.20	1.01	123.5
Kahverengi topraklar (B)	7.6	0.049	8.60	0.45	126.4
Kireçsiz kahve rengi (U)	7.6	0.052	15.60	0.76	115.0
Hidromorfik alüvyial topraklar (H)	7.5	0.083	1.48	1.15	121.0
Kolüvyial Topraklar (K)	7.5	0.043	13.40	0.87	104.0
Regosol (L)	7.5	0.044	12.60	0.65	121.0

Tablo 9: Gevaş ilçesi büyük toprak gruplarının ortalama toprak analiz değerleri

Büyük Toprak Grupları	pH	Total tuz (%)	Kireç (%)	O.M (%)	K ₂ O (kg/da)
Alüvyial topraklar (A)	7.7	0.047	15.50	1.28	58.5
Kolüvyial Topraklar (K)	7.5	0.060	23.00	1.28	58.5
Kestane renkli (CE)	7.4	0.070	7.00	2.00	96.7
Kahverengi (B)	7.6	0.065	20.50	1.54	78.5
Kireçsiz Kahve rengi (U)	7.2	0.052	3.80	2.07	61.9

Tablo 10'da yer alan verilere göre, Van ili Erciş ve Gevaş ilçelerindeki toprakların pH seviyeleri, tarımsal potansiyel açısından dikkat çekici farklılıklar sergilenmektedir (Anonim, 1987). Erciş'te toprakların %35,8'i nötr kabul edilen 6,5-7,5 pH aralığında, %64,2'si ise hafif alkali olan 7,5-8,5 pH aralığında bulunmaktadır. Gevaş'ta ise nötr pH'a sahip topraklar %48,0 ile daha geniş bir alana yayılmışken, hafif alkali topraklar %52,0 oranında yer almaktadır. Bu durum, Gevaş topraklarının daha nötr bir karaktere sahip olduğunu, Erciş topraklarının ise daha alkali özellik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Toprak pH'sı, bitki besin elementlerinin alınabilirliği açısından kritik bir etkidir. Yüksek pH değerleri, özellikle demir, çinko, mangan ve bakır gibi mikro besin elementlerinin bitki kökleri tarafından alınmasını zorlaştırabilir (Uçgun vd., 2019). Bu nedenle, Erciş'teki yüksek pH seviyelerine sahip alanlarda, mikro element eksikliklerinin görülme riski daha yüksektir. Gevaş'ın nötr pH değerlerine yakın alanlarının, hassas besin gereksinimlerine sahip bitkiler için daha elverişli bir ortam sunduğu söylenebilir. Toprak pH'sının düzenlenmesi, özellikle alkali topraklarda sürdürülebilir tarım uygulamaları için kritik öneme sahiptir. Organik madde artırımı, kireçsiz gübreleme yöntemleri ve sülfür bazlı pH düzenleyiciler gibi uygulamalar, topraktaki besin elementlerinin alınabilirliğini artırmada etkili olabilir (Brady ve Weil, 2008).

Tablo 10: Erciş ve Gevaş ilçe topraklarının EC seviyeleri ve alansal dağılımı

Sınır değerler	Erciş ilçesinin toprak pH 'sının alansal dağılım (%)	Gevaş ilçesinin toprak pH 'sının alansal dağılım (%)
5.5-6.5	-	-
6.5-7.5	35.8	48.0
7.5-8.5	64.2	52.0

Tablo 11’de Erciş ve Gevaş ilçelerindeki toprakların elektriksel iletkenlik (EC) seviyeleri incelendiğinde (Anonim, 1987), belirgin bir farklılık gözlemlenmektedir. Erciş ilçesindeki toprakların tamamı (%100) 0-0,15 dS/m EC aralığında bulunurken, Gevaş ilçesi topraklarının %99.0’ı 0,15-0,35 dS/m aralığında, %1,0’i ise 0-0,15 dS/m aralığında yer almaktadır. Bu veriler, Erciş topraklarının daha düşük tuzluluk seviyelerine sahip olduğunu, Gevaş topraklarının ise nispeten daha yüksek tuzluluk içerdiğini ortaya koymaktadır.

Toprakların EC değeri, tuzluluk durumunu belirleyen kritik bir parametredir. Düşük EC değerleri (<2 dS/m), genellikle tuzluluk sorununun olmadığını ve bitkiler için uygun bir ortam sağladığını ifade etmektedir. Ancak, daha yüksek EC seviyeleri, özellikle tuza hassas bitkilerin gelişimini olumsuz etkileyebilir ve verim kayıplarına yol açabilir. Bu durum, Gevaş ilçesindeki topraklarda tuzluluğa hassas bitkilerin yetiştirilmesi sırasında dikkatli bir toprak yönetimi gerekliliğini ortaya koymaktadır (Ekmekçi vd.,2005)

Brady ve Weil (2008) yaptıkları çalışmada, yüksek tuzluluk seviyelerinin bitki büyümesi üzerindeki etkileri ve bu etkileri azaltmaya yönelik stratejiler detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Tuzluluğun etkilerini azaltmak için uygun drenaj sistemleri, organik madde takviyesi ve tuz giderici bitkilerin kullanılması gibi yöntemler önerilmektedir (Tunç ve Kaman, 2022).

Tablo 11: Erciş ve Gevaş ilçe topraklarının EC seviyeleri ve alansal dağılımı

Sınır değerler	Erciş ilçesinin toprak EC'sinin alansal dağılım (%)	Gevaş ilçesinin toprak EC'sinin alansal dağılım (%)
0-0.15	100	-
0.15-0.35	99.0	1.0

Tablo 12’de yer alan verilere göre, Erciş ve Gevaş ilçelerinin toprak kireç içeriklerinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. Erciş topraklarının büyük bir kısmı (%55,4) 0-1% kireç içeriği aralığında yer alırken, Gevaş ilçesinde bu oran %26,8’dir. Benzer şekilde, Erciş topraklarının %43,7’si 1-5% aralığında bulunurken, Gevaş ilçesinde bu oran %19,0’a düşmektedir. Ancak, daha yüksek

kireç içeriğine sahip topraklar (5% ve üzeri) incelendiğinde, Gevaş ilçesinde bu aralıkların daha yaygın olduğu görülmektedir. Örneğin, 15-25% kireç içeriğine sahip topraklar Gevaş'ta %16,6 oranında bulunurken, Erciş'te bu oran %0'dır. Bu farklılıklar, iki bölgenin topraklarının kimyasal yapısında belirgin çeşitlilik olduğunu ortaya koymaktadır (Anonim, 1987). Toprak kireç içeriği, bitki besin elementlerinin alınımı doğrudan etkileyen bir faktördür. Özellikle yüksek kireç oranına sahip topraklar, demir, çinko ve mangan gibi mikro besin elementlerinin bitki tarafından alınımı zorlaştırabilir ve bu da bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyebilir. Bolat ve Kara (2017) çalışmasında, pH değeri 7,5'in üzerinde olan kireçli topraklarda bu mikro besinlerin alınabilirliğinin önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir. Bu tür topraklarda bitki gelişimini desteklemek ve verim kaybını önlemek için gübreleme uygulamaları ve toprak düzenleme stratejileri büyük önem taşımaktadır (Kant vd., 2006).

Türkiye topraklarının büyük bir kısmının kireçli yapıda olduğu göz önüne alındığında, organik madde ilavesi ve pH düzenleyici uygulamalar gibi yöntemler, bu toprakların verimliliğini artırmada etkili olabilir (Abdulwahhab ve Şeker, 2020). Erciş ve Gevaş ilçelerinde, tarımsal faaliyetlerin kireç içeriklerine göre planlanması ve uygun yönetim stratejilerinin geliştirilmesi, bitki beslenmesi ve sürdürülebilir tarım açısından kritik bir gerekliliktir.

Tablo 12: Erciş ve Gevaş ilçe topraklarının kireç içerikleri ve alansal dağılımı

Sınır değerler	Erciş ilçe topraklarının kireç içeriklerinin alansal dağılım (%)	Gevaş ilçe topraklarının kireç içeriklerinin alansal dağılım (%)
0-1	55.4	26.8
1-5	43.7	19
5-15	0.5	19.5
15-25	-	16.6
25 +	0.4	18.1

Tablo 13'te Erciş ve Gevaş ilçelerinin topraklarındaki organik madde (O.M) düzeylerinin belirgin farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır (Anonim, 1987). Erciş ilçesi topraklarının %69,2'si 0-1% O.M aralığında yer alırken, Gevaş ilçesinde bu oran %12,7'dir. Buna karşılık, Gevaş topraklarının %38,1'i 1-2% O.M seviyesindeyken, Erciş topraklarında bu oran %26,8'dir. Daha yüksek O.M içeriklerinde (2% ve üzeri), Gevaş ilçesi toprakları daha yüksek oranlara sahip olup, 2-3% aralığında %30,2, 3-4% aralığında %11,2 ve 4% üzerinde %7,8 oranlarına sahiptir. Erciş ilçesi topraklarında ise bu kategorilerdeki oranlar sırasıyla %2,4, %0,8 ve %0,8'dir. Bu veriler, Gevaş

ilçesi topraklarının organik madde açısından daha zengin olduğunu, Erciş ilçesi topraklarının ise genellikle düşük organik madde içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Toprak organik maddesi, toprak verimliliği, su tutma kapasitesi ve bitki besin elementlerinin alınabilirliği üzerinde doğrudan etkilidir. Organik maddece zengin topraklar, su ve hava geçirgenliğini artırarak bitki kök gelişimini destekler ve erozyona karşı direnci yükseltir. Türkiye genelinde tarım topraklarının yalnızca %1'inin organik madde içeriği %3'ün üzerindedir; bu da topraklarımızın büyük çoğunluğunun organik madde bakımından fakir olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, Erciş ilçesi topraklarında organik madde seviyesini artırmaya yönelik uygulamaların, tarımsal verimliliği ve toprak kalitesini iyileştirmede önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir (Topçu vd., 2021). Önerilen uygulamalar arasında organik gübre kullanımı, yeşil gübreleme, kompost uygulamaları ve anızın toprakta bırakılması gibi yöntemler bulunmaktadır. Gevaş ilçesi topraklarında ise mevcut organik madde seviyelerinin korunması ve artırılması için benzer sürdürülebilir tarım uygulamalarının devam ettirilmesi önem arz etmektedir (Sarğın ve Karaca., 2023). Toprak organik maddesinin korunması ve artırılması, toprak kalitesinin ve verimliliğinin sürdürülebilirliği için kritik bir faktördür (Sarğın vd., 2024; Elmasoğlu vd., 2022).

Tablo 13: Erciş ve Gevaş ilçe topraklarının organik madde (O.M) düzeyleri ve alansal dağılımı

Sınır değerler	Erciş ilçe topraklarının organik madde düzeylerinin alansal dağılım (%)	Gevaş ilçe topraklarının kireç organik madde düzeylerinin alansal dağılım (%)
0-1	69.2	12.7
1-2	26.8	38.1
2-3	2.4	30.2
3-4	0.8	11.2
4+	0.8	7.8

Tablo 14'te sunulan verilere göre, Erciş ilçesi topraklarının %38'i 0-3 mg/kg fosfor içeriğine sahipken, Gevaş ilçesinde bu oran %58,5'tir (Anonim, 1987). Bu durum, Gevaş topraklarının önemli bir kısmının düşük fosfor içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Fosfor içeriği 3-6 mg/kg aralığında olan topraklar, Erciş'te %38,9, Gevaş'ta ise %24,9 oranındadır. Daha yüksek fosfor içeriklerine sahip toprakların oranları her iki ilçede de düşüktür; örneğin, 12 mg/kg'dan fazla fosfor içeren topraklar Erciş'te %2,1, Gevaş'ta ise %9,3 oranında bulunmaktadır. Topraklardaki fosfor içeriği, bitki gelişimi ve tarımsal

verimlilik açısından kritik bir faktördür. Ancak, Türkiye topraklarının genelinde fosfor miktarları incelendiğinde, toplam fosfor seviyelerinin genellikle yeterli olmasına rağmen, bitkilerin kullanabileceği yararlı fosfor düzeylerinin yetersiz olduğu belirlenmiştir (Yılmaz vd., 2022). Bu durum, fosforun toprakta bulunma şekli ve bitkiler tarafından alınabilirliği ile ilgilidir (Yıldız ve Bilgin, 2007).

Tablo 14: Erciş ve Gevaş ilçe topraklarının fosfor içerikleri ve alansal dağılımı

Sınır değerler	Erciş ilçe topraklarının fosfor içeriklerinin alansal dağılım (%)	Gevaş ilçe topraklarının fosfor içeriklerinin alansal dağılım (%)
0-3	38.0	58.5
3-6	38.9	24.9
6-9	13.9	2.4
9-12	7.1	4.9
12 +	2.1	9.3

Tablo 15'te Erciş ve Gevaş ilçelerinin topraklarındaki potasyum içerikleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır (Anonim, 1987). Erciş ilçesi topraklarının tamamı (%100) 30 mg kg⁻¹'den fazla potasyum içerirken, Gevaş topraklarının %88,3'ü bu seviyede yer almaktadır. Ancak, Gevaş'ta potasyum içeriği 0-20 mg kg⁻¹ olan topraklar %6,8, 20-30 mg kg⁻¹ arasında olan topraklar ise %4,9 oranında tespit edilmiştir. Bu durum, Gevaş'ta bazı alanlarda potasyum eksikliğinin öne çıktığını, buna karşın Erciş topraklarının homojen şekilde yüksek potasyum içeriğiyle dikkat çektiğini göstermektedir. Potasyum, bitkilerin büyüme ve gelişim süreçlerinde kilit rol oynayan bir elementtir (Yıldız ve Bilgin 2007). Su dengesi, protein sentezi ve fotosentez gibi yaşamsal işlevlerin düzenlenmesinde potasyumun önemi büyüktür. Eksikliği durumunda bitkilerde yaprak dökülmesi, sararma ve ürün kalitesinde düşüş gibi olumsuz etkiler ortaya çıkabilir (Esençayı ve Korkmaz 2019; Arslan vd., 2018). Ancak, Türkiye topraklarının büyük bir kısmında potasyumun büyük oranda bitkiler tarafından alınamayan formlarda bulunduğu bilinmektedir (Brady ve Weil, 2008). Bu gerçek, yüksek potasyum içeriğine sahip topraklarda bile uygun gübreleme ve toprak iyileştirme stratejilerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Tablo 15: Erciş ve Gevaş ilçe topraklarının potasyum içerikleri ve alansal dağılımı

Sınır değerler	Erciş ilçe topraklarının potasyum içeriklerinin alansal dağılım (%)	Gevaş ilçe topraklarının potasyum içeriklerinin alansal dağılım (%)
0-20	-	6.8
20-30	-	4.9
30 +	100	88.3

Genel olarak, Van ili merkez ilçelerindeki toprakların analiz sonuçları, bölgedeki tarımsal potansiyelin yüksek olduğunu ve çeşitli bitki türlerinin yetiştirilebileceğini göstermektedir. Bu veriler, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve verimliliğin artırılması için önemli bir temel oluşturmaktadır (Brady ve Weil, 2008).

Sebze Üretiminde Yıllara Göre Değişim

Tablo 16'da Erciş ilçesindeki sebze ekim alanlarının 2014-2023 yılları arasındaki değişimi incelendiğinde, ürün bazında belirgin farklılıklar dikkat çekmektedir (TUİK, 2024). Fasulye ekim alanları sabit kalırken (%0 değişim), karpuz ekim alanları %20,45 oranında azalmıştır. Kavun ekim alanları ise %8,67'lik bir düşüş göstermiştir. Buna karşılık, biber ekim alanları %27,33 oranında artmış, hıyar ekim alanlarında %14,00 oranında bir artış kaydedilmiştir. Domates ekim alanları ise %24,44 oranında artarak, 2014 yılında 1.350 dekar olan alan 2023 yılında 1.680 dekara yükselmiş ve en büyük ekim alanına sahip sebze olmaya devam etmiştir (TUİK, 2024).

Bu değişimlerin altında yatan sebepler, ekonomik faktörler ve tarım politikaları ile doğrudan ilişkilidir (Kamran vd., 2022). 2019 yılında yaşanan daralma, gübre, mazot ve tohum gibi tarımsal girdilerin maliyetlerindeki artışlarla açıklanabilir. Çiftçiler, bu dönemde artan üretim maliyetlerine karşı daha az maliyetli veya getirisi yüksek ürünlere yönelmiş olabilirler. 2020 yılı ve sonrasında ise piyasa koşullarındaki iyileşmeler ve tarımsal teşviklerin artırılmasıyla birlikte ekim alanlarında yeniden bir toparlanma gözlenmiştir.

Tablo 16: Erciş ilçesinin 2014-2023 yılları arası sebze ekim alanı (da)

Yıl	Fasulye	Karpuz	Kavun	Biber	Hıyar	Patlıcan	Domates	Toplam
2014	300	880	750	450	300	150	1350	4180
2015	325	750	700	525	325	129	1404	4158
2016	325	760	702	518	338	130	1460	4233
2017	320	760	702	513	331	130	1470	4226
2018	319	760	702	511	331	130	1471	4224
2019	250	600	600	503	312	100	1511	3876
2020	250	680	630	498	359	90	1571	4078
2021	280	800	635	554	321	90	1722	4402
2022	300	700	685	574	361	80	1672	4372
2023	300	700	685	573	342	80	1680	4360

Tablo 17’de Gevaş ilçesinin 2014-2023 yılları arasında sebze ekim alanlarında kaydedilen artış, bölgenin tarımsal kapasitesinin etkili bir şekilde değerlendirildiği ortaya konmaktadır (TUİK., 2024). 2014 yılında toplam ekim alanı 4.637 dekar iken, bu alan 2023 yılına gelindiğinde 12.680 dekara ulaşarak yaklaşık %173,5 oranında büyümüştür. Ürün bazında incelendiğinde, fasulye ekim alanında %261 oranında bir genişleme gerçekleşmiş, domates ekim alanı ise %142,5 oranında artış göstererek bu dönemde öne çıkan ürünler arasında yer almıştır. Biber ve hıyar ekim alanlarında sırasıyla %214 ve %335 oranında büyüme gözlemlenirken, karpuz ve kavun gibi ürünlerde daha sınırlı artışlar görülmüştür. Patlıcan ise bu süreçte %27,6 oranında bir artış sergileyerek nispeten sabit bir seyir izlemiştir.

2021 yılı, toplam ekim alanlarındaki büyümenin en belirgin olduğu dönem olarak dikkat çekmektedir (Tablo 17). Bu artış, sulama altyapısının iyileştirilmesi, modern tarım tekniklerinin uygulanması ve artan tarımsal desteklerle ilişkilendirilebilir. Genel olarak, ekim alanlarındaki bu artış, bölgenin tarımsal üretim stratejilerinin piyasa taleplerine uyumlu bir şekilde geliştirildiğini ve çiftçilerin uygun ürün tercihleriyle bu büyümeye katkı sağladığını göstermektedir. Ancak, büyümenin sürdürülebilirliği açısından üretim maliyetlerinin kontrol altında tutulması ve üreticilere yönelik destek mekanizmalarının devam ettirilmesi kritik öneme sahiptir.

Tablo 17: Gevaş ilçesinin 2014-2023 yılları arası sebze ekim alanı (da)

Yıllar	Fasulye	Karpuz	Kavun	Biber	Hıyar	Patlıcan	Domates	Toplam
2014	1245	230	212	465	195	290	2000	4637
2015	1245	230	212	465	195	290	2000	4637
2016	1310	240	220	505	220	270	2050	4815
2017	3050	290	250	651	393	275	3855	8764
2018	3050	290	250	651	393	275	3855	8764
2019	4000	285	245	602	402	275	3854	9663
2020	4000	285	245	601	402	275	3855	9663
2021	4000	410	400	1550	900	450	5100	12810
2022	4300	400	350	1400	800	350	4800	12400
2023	4500	350	300	1460	850	370	4850	12680

Tablo 18’de sunulan verilere göre, Erciş ilçesindeki sebze üretim miktarları 2014-2023 yılları arasında dikkat çekici bir artış ve dalgalanma sergilemiştir (TUİK, 2024). Toplam sebze üretimi, 2014 yılında 9.217 ton olarak kaydedilmişken, 2023 yılı itibarıyla bu miktar %73,21 oranında artarak 15.966 tona ulaşmıştır. Ürün bazında incelendiğinde, domates üretimi 2014

yılında 3.571 ton seviyesindeyken, 2023 yılında bu rakam %163 artışla 9.390 tona yükselmiş ve üretim artışında başlıca paya sahip olmuştur. Benzer şekilde, biber ve hıyar üretiminde de artış eğilimleri gözlemlenmiştir (Tablo 18). Ancak fasulye, karpuz ve kavun gibi bazı ürünlerde üretim miktarlarının dalgalı bir seyir izlediği dikkat çekmektedir. Özellikle 2019 yılında toplam üretim miktarında yaşanan azalma, ekonomik dalgalanmalar ve artan tarımsal girdi maliyetleriyle ilişkilendirilebilir.

Tablo 18: Erciş ilçesinin 2014-2023 yılları arası sebze üretim miktarları (ton)

Yıllar	Fasulye	Karpuz	Kavun	Biber	Hıyar	Patlıcan	Domates	Toplam
2014	315	2288	1200	710	900	233	3571	9217
2015	341	1953	1120	879	975	200	3696	9164
2016	345	1976	1158	860	1097	202	4131	9769
2017	338	2014	1158	852	1076	198	4391	10027
2018	335	1976	1158	848	1087	198	4227	9829
2019	250	1650	900	1011	801	150	3866	8628
2020	275	2380	1890	948	1220	135	7196	14044
2021	350	2560	1778	1166	1118	144	10431	17547
2022	375	2170	1713	1157	1239	128	9349	16131
2023	375	2170	1713	1152	1038	128	9390	15966

Tablo 19’da Gevaş ilçesinin 2014-2023 yılları arasında sebze üretimindeki değişimleri verilmiştir. Veriler, toplam üretim miktarının 2014 yılında 6.958 ton iken 2023 yılında 44.634 tona yükselerek yaklaşık %541 oranında bir artış kaydettiğini ortaya koymaktadır. Bu dönemde domates, üretimdeki büyümenin en önemli payına sahip ürün olarak öne çıkmıştır. 2014 yılında 3.560 ton olan domates üretimi, 2023 yılında 26.675 tona ulaşmış ve yaklaşık %649 oranında artış göstermiştir (TUİK., 2024).

Üretim artışında özellikle 2020-2021 yılları arasında yaşanan sıçrama dikkat çekicidir. 2020 yılında toplam sebze üretimi 36.629 ton olarak gerçekleşirken, 2021 yılında bu miktar 50.120 tona ulaşmış, yaklaşık %36,8 oranında bir artış gözlemlenmiştir (Tablo 19). Bu büyüme, domates, biber ve hıyar üretimindeki artışlarla ilişkilendirilebilir. Hıyar üretimi, 2014 yılında 341 ton iken 2023 yılında 4.675 tona yükselmiş ve toplam üretim içindeki payını önemli ölçüde artırmıştır. Benzer şekilde, biber üretimi de 2014 yılında 721 ton iken, 2023 yılında 2.920 tona ulaşmıştır. Fasulye üretiminde de dikkate değer bir büyüme yaşanmıştır; 2014 yılında 1.183 ton olan üretim, 2020 yılında 8.000 tona yükselmiş, ancak 2023 yılında 7.425 tona gerilemiştir.

Tablo 19: Gevaş ilçesinin 2014-2023 yılları arası sebze üretim miktarları (ton)

Yıllar	Fasulye	Karpuz	Kavun	Biber	Hıyar	Patlıcan	Domates	Toplam
2014	1183	403	329	721	341	421	3560	6958
2015	1183	403	329	721	341	421	3530	6928
2016	1306	420	341	781	385	392	3713	7338
2017	4575	725	500	1142	1986	481	20697	30106
2018	3660	580	400	1044	1986	426	20735	28831
2019	4800	570	392	968	2024	426	20723	29903
2020	8000	855	698	1024	2424	468	23160	36629
2021	8000	1435	1200	2945	4950	990	30600	50120
2022	8600	1400	1050	2662	4404	770	26524	45410
2023	7425	1225	900	2920	4675	814	26675	44634

Sebze üretimindeki bu dikkate değer artış, bölgenin tarımsal potansiyelinin etkin bir şekilde değerlendirildiğini ve üreticilerin piyasa taleplerine uyum sağlayan stratejik ürün seçimleri yaptığını göstermektedir. Özellikle domates gibi hem iç piyasa taleplerini karşılayan hem de ihracat açısından stratejik öneme sahip ürünlerdeki büyüme, üreticilerin piyasa dinamiklerine uygun hareket ettiğini ortaya koymaktadır. Bu artış, aynı zamanda artan tarımsal desteklerin, modern sulama altyapısının geliştirilmesinin ve yenilikçi tarım uygulamalarının üretim üzerindeki olumlu etkisini yansıtmaktadır (TUİK, 2024).

Bununla birlikte, üretimde gözlemlenen dalgalanmalar, özellikle fasulye gibi ürünlerdeki değişimler, girdi maliyetlerindeki artışlar ve iklim koşullarının etkileriyle ilişkilendirilebilir. Bu durum, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini sağlamak adına çiftçilere yönelik desteklerin artırılmasını ve üretim maliyetlerini azaltacak politikaların geliştirilmesini gerektirmektedir. Erciş ve Gevaş ilçelerindeki bu üretim artışları, bölgenin ekonomik ve tarımsal kalkınma potansiyelinin önemli bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Ancak bu potansiyelin uzun vadeli bir büyümeye dönüşebilmesi için, bölgeye özel tarım politikalarının geliştirilmesi ve uygulamaya konulması önem arz etmektedir.

Türkiye’de uygulanan tarımsal destekleme politikalarının tarımsal üretime olan katkıları üzerine yapılan analizler, 2019 yılında tarımdan elde edilen gayri safi üretim değerinin yaklaşık %13’ünün bu politikalar sonucu oluştuğunu göstermektedir. Bu oran, Avrupa Birliği ve OECD ortalamalarının altında olmakla birlikte, ABD’nin üzerinde yer almaktadır (Yüceer vd., 2020). Tarım sektörünün ekonomik büyümeye olan katkısı da dikkate alınması

gereken bir diğer unsurdur. Türkiye’de tarım sektörünün ekonomik büyüme üzerindeki etkisi üzerine yapılan regresyon analizleri, tarımın ülke ekonomisi için stratejik bir sektör olduğunu ortaya koymuştur (Merdan, 2023).

Sonuç olarak, Erciş ve Gevaş ilçelerindeki sebze üretimindeki artış, tarım sektöründeki destekleyici politikaların, piyasa taleplerine uygun üretim stratejilerinin ve modern tarım uygulamalarının olumlu sonuçlarını yansıtmaktadır. Bölgenin ekonomik ve tarımsal kalkınmasına sağladığı katkının sürdürülebilir bir büyümeye dönüşebilmesi için, tarım sektörüne yönelik uzun vadeli ve kapsayıcı politikaların geliştirilmesi gerekmektedir.

4. SONUÇ

Van ili Erciş ve Gevaş ilçelerinde gerçekleştirilen bu çalışma, bölgenin sebze üretim potansiyelini ve tarımsal kalkınma açısından sunduğu olanakları kapsamlı bir şekilde ortaya koymuştur. Çalışma kapsamında, sebze tarım alanlarının toprak özellikleri ile üretim miktarlarının zamansal değişimleri değerlendirilmiş, bu analizler ışığında bölgedeki tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliğine dair önemli bulgular elde edilmiştir.

Bölgenin toprak özellikleri, tarımsal üretim için sağladığı avantajlar kadar, iyileştirilmesi gereken sınırlamaları da içermektedir. Özellikle organik madde, potasyum ve fosfor içerikleri gibi tarımsal üretimin temel gerekliliklerini oluşturan parametreler, üretim stratejilerinin planlanmasında belirleyici bir rol oynamaktadır. Erciş ilçesi, geniş tarım alanları ve homojen özellikteki topraklarıyla ön plana çıkarken; Gevaş ilçesi, organik madde bakımından daha zengin toprakları ve tarımsal alan büyüklüğündeki hızlı artışıyla dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, her iki ilçede de sürdürülebilir tarımı desteklemek amacıyla toprak yönetimine yönelik özel uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Sebze üretiminde kaydedilen artış, modern sulama sistemlerinin kullanımı, artan tarımsal destekler ve piyasa taleplerine uygun üretim stratejileriyle doğrudan ilişkilidir. Domates gibi ekonomik değeri yüksek stratejik ürünlerdeki üretim artışı, bölgenin ulusal ve uluslararası piyasalara entegrasyonunu güçlendiren bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Ancak, fasulye ve kavun gibi ürünlerde gözlenen üretim dalgalanmaları, tarımsal girdi

maliyetlerinin artışı ve iklimsel değişimlerin etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Erciş ve Gevaş ilçelerindeki tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliğini artırmak gübreleme stratejilerinin optimize edilmesi, iklim değişikliği ile uyumlu uygulamaların teşvik edilmesi bölgedeki sebze üretim potansiyelinin uzun vadeli bir büyümeye dönüşmesini sağlayacaktır. Türkiye'nin toplam tarımsal üretiminde önemli bir yere sahip olan bu bölgeler, etkili ve sürdürülebilir tarım politikalarıyla ulusal ekonomiye katkı sunmaya devam edecektir.

KAYNAKÇA

- Abdulwahhab, Q., & Şeker, C. (2020). Farklı dozlarda kireç uygulamasının iki farklı tekstürdeki toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 9(2), 80-87.
- Alevkayalı, Ç., & Tağıl, Ş. (2020). Edremit Körfezi'nde tarımsal arazi kullanımı uygunluk düzeylerinin değerlendirilmesi. *Coğrafya Dergisi*, 40, 135-147.
- Anonim, 1984. Van İli Verimlilik Envanteri ve Gübre İhtiyaç Raporu. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları, *TOVEP Yayın No: 31, Ankara*.
- Anonim, 1987. Van İli Verimlilik Envanteri ve Gübre İhtiyaç Raporu. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları, *TOVEP Yayın No: 46, Ankara*.
- Arslan, E., Çaycı, G., Dengiz, O., Yüksel, M., & Atikmen, N. Ç. (2018). Toprakların bazı makro besin elementi içeriklerinin farklı tarımsal arazi kullanımları altında konumsal dağılımlarının belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 7(2), 28-37.
- Bolat, İ., & Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 218-228.
- Brady, N. C., Weil, R. R., & Weil, R. R. (2008). *The nature and properties of soils (Vol. 13, pp. 662-710)*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Duman, İ., Tüzel, Y., & Appelman, D. J. (2020). Türkiye'de sebze üretiminde tür ve çeşit tercihleri. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 169-178.
- Ekmekçi, E., Apan, M., & Kara, T. (2005). Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3), 118-125.
- Elmasoğlu, C., Kumral, F. E., Şimşek, B., & Akpınar, C. (2022). Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün toprak kalitesi üzerine etkisi. *Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2), 328-338.
- Engindeniz, S. (2009). Türkiye'de sebze üretimi ve gelecek için bazı öneriler. *Verimlilik Dergisi*, 2, 99-117.
- Esençay, M. K., & Korkmaz, K. (2019). Ordu topraklarının potasyum durumu ve potasyum fiksasyonunun belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(4), 878-886.
- FAO (2019). "World Reference Base for Soil Resources." Food and Agriculture Organization.
- Güvenç, İ. (2018). Türkiye ve Avrupa Birliği ülkelerinin sebze üretimi ve kendine yeterlilik bakımından karşılaştırılması. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 28(4), 530-535.
- Kant, C., Barik, K., & Aydın, A. (2006). Asidik topraklara uygulanan farklı kireçleme materyallerinin bazı toprak özellikleri ile mısır bitkisi (*Zea mays L.*)'nin

- gelişimi ve mineral içeriğine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2), 161-167.
- Karaca, S., Sarğın, B., & Türkmen, F. (2019). Bazı arazi ve toprak niteliklerinin coğrafi bilgi sistem analizleriyle incelenmesi: Van ili arazi ve toprak özellikleri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2), 199-205.
- Merdan, K. (2023). Türkiye’de tarımsal büyümeye etki eden ekonomik faktörler (Bir Regresyon Analizi). *Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 25(45), 1125-1142.
- MGM, 2024. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Van İli Uzun Yıllar Ortalama Resmi İstatistikler Verileri.
- Sarğın, B., & Karaca, S. (2023). Land suitability assessment for wheat-barley cultivation in a semi-arid region of Eastern Anatolia in Turkey. *PeerJ*, 11, e16396.
- Sarğın, B., Alaboz, P., Karaca, S., & Dengiz, O. (2024). Pythagorean fuzzy SWARA weighting technique for soil quality modeling of cultivated land in semi-arid terrestrial ecosystems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 227, 109466.
- Seyitoğulları, M. A., & Matpay, B. (2024). SWOT Analizi Yöntemiyle Karasu Nehri Yukarı Havzası’nın (Van) Arazi Kullanım Planlama Önerileri. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(1), 211-233.
- Topçu, P., Yavuz, Ö., & Tolunay, A. (2022). Sürdürülebilir toprak yönetiminde toprak organik karbonunun önemi. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(2), 604-614.
- Tuğaç, M. G., & Torunlar, H. (2007). Tarım arazilerinin tarımsal kullanım uygunluklarının belirlenmesi üzerine bir çalışma. *Journal of Agricultural Sciences*, 13(03), 157-165.
- TUİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. TUİK, İl göstergeleri Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>
- TUİK, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. TUİK, İl göstergeleri Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>
- Tunç, G., & Kaman, H. (2022). Tarım Topraklarında Tuzluluk Sorunu. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(11), 2232-2236.
- Uçgun, K., & Cansu, M. (2024). Sınırlandırılmış alanlara uygulanan pH düşürücü bazı materyallerin bazı toprak özellikleri, kiraz ağaçlarının beslenmesi ve meyve özelliklerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 28(1), 165-179.
- Yıldız, N., & Bilgin, N. (2007). Erzurum Ovası topraklarının fosfor ve potasyum durumunun neubauer fide yöntemi ile belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(2), 159-165.
- Yılmaz, Y., Kılıç, F. N., & Sönmez, O. (2022). Develi Ovası topraklarının yarıyışlı ve toplam fosfor içeriklerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 3(2), 325-337.

- Yiğini, Y. (2014). Bozcaada topraklarının detaylı etüt-haritalanması ve sınıflandırılması, toprak-iklim-coğrafi konum (terroir) özelliklerine göre bağcılığa yönelik arazi değerlendirmesi. Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yüceer, S. E., Tan, S., & Semerci, A. (2020). Türkiye’de 2000-2020 Döneminde Tarımsal Destekleme Politikalarının Gelişiminin İncelenmesi. *Lâpseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi*, 1(2), 36-46.

BÖLÜM 8

AĞRI İLİ PATNOS İLÇESİNDE ÇİFTÇİLERİN TARIM SİGORTASI YAPTIRMALARINA ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

Doç. Dr. Mustafa TERİN^{1*}
Zir. Müh. Mustafa KARACA²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14576085>

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Van-Türkiye
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6550-335X>

²Devlet Su İşleri, GAP 15. Bölge Müdürlüğü, Şanlıurfa-Türkiye

*Sorumlu yazar: mustafaterin@yyu.edu.tr

1. GİRİŞ

İnsan yaşamının devamı için gerekli gıda ürünlerini üreten ve doğal kaynaklar ve çevre ile çok yakın temas halinde olan tarım, birçok risk ve belirsizlikle karşı karşıyadır. Tarımı etkileyen riskler; üretim riski, pazarlama riski, finansman riski, teknolojik risk, insan kaynaklı risk ve sosyal riskler olarak sınıflandırılabilir (Kay, 1981; Ceyhan,1995; Karahan, 2002; Bayramoğlu vd. 2013; Özçelik, 2018; Terin vd. 2024). Bu riskler içerisinde özellikle üretim riski, doğa olayları (iklimsel) kaynaklı olduğu için yönetilmesi oldukça zor ve gerçekleşmesi durumunda büyük hasarlara neden olmaktadır. Bu nedenle çiftçilerin bu riskleri kendi imkânları ile yönetebilmesi ve oluşan hasarları karşılayabilmeleri oldukça zor hatta mümkün değildir. Bundan dolayı başta gelişmiş ülkeler olmak üzere (ABD, Kanada, Japonya ve AB Ülkeleri) dünyada birçok ülke tarımsal üretimde karşılaşılan riskleri yönetebilmek için tarım sigortası uygulamalarını geliştirmiştir. Tarım sigortaları, çiftçilerin karşılaştığı üretim risklerini azaltmak ve verim kayıplarına karşı koruma sağlamak açısından oldukça önemlidir (Goodwin, 1994; Shaik, 2013; Akçaöz vd. 2023).

Türkiye’de tarım sigortası uygulamaları 1957 yılında özel bir sigorta şirketi tarafından bitkisel ürünlerde dolu riskine karşı yapılan sigortalama işlemi ile başlamıştır. Bunu 1960 yılında hayvan hayat sigortaları, 1984 yılında kümes hayvanları sigortası, 1990 yılında su ürünleri sigortası ve 1991 yılında da üzüm bağları için yapılan don sigortası izlemiştir. Mevcut sigorta sisteminin geliştirilmesi ve bazı faaliyetlerin bir merkezden yürütülmesi amacıyla 1995 yılında Tarım Sigortaları Vakfı (TSV) kurulmuştur. Türkiye’de tarım sigortası uygulamaları, 1957 yılından 2005 yılına kadar tek riske yönelik olarak özel sektör eliyle yürütülmüş iken, 2005 yılında çıkarılan 5363 Sayılı Tarım Sigortaları Kanunu ve 24 Ekim 2005 tarihinde kurulan Tarım Sigortaları Havuzu (TARSİM) ile devlet destekli çoklu risk sigortasına geçilmiştir (Dinler vd. 2005; Terin ve Aksoy, 2015; Karahan-Uysal vd. 2020; Terin vd. 2024).

Türkiye’de mevcut durumda devlet destekli olarak, bitkisel ürün, büyükbaş hayvan hayat, sera, kümes hayvanları hayat, su ürünleri hayat, küçükbaş hayvan hayat, arılı kovan, köy bazlı kuraklık verim ve gelir koruma sigortası uygulamaları yapılmaktadır. 2023 yılı itibariyle tarım sigortası poliçe

sayısı 3 milyon 86 bin 697 âdete, pirim üretimi de 17 milyar 349 bin 600 TL'ye ve hasar ödemesi yaklaşık 7 milyar TL'ye yükselmiştir. 2023 yılı itibariyle tarım sigortası prim üretiminin %57.1'i bitkisel ürün, %32.6'sı büyükbaş hayvan hayat, %4.5'i küçükbaş hayvan hayat, %4.4'ü sera, %0.5 kümes hayvanları %0.5'si su ürünleri hayvan hayat ve %0.28'i arıcılık sigortasından oluşmaktadır (TARSİM, 2024). Gelişmiş dünya ülkelerinde olduğu gibi Türkiye'de de tarım sigortası uygulamaları devlet destekli olarak yapılmaktadır. Tarım sigortası yaptıran çiftçilere devlet, %50 oranında pirim desteği sağlamaktadır. Devlet tarafından sağlanan bu desteğin, Türkiye'de çiftçilerin tarım sigortası yaptırmaya eğilimlerine önemli katkı sağladığı söylenebilir.

Literatürde konu ile ilgili birçok çalışma mevcut olup, bu çalışmalardan bazıları burada verilmiştir. Çukur vd.(2008) tarafından Malatya'da yapılan çalışmada kayısı üreticilerinin tarım sigortalarına bakış açıları, Wairimu vd. (2016) tarafından Kenya'da yapılan çalışmada, üreticilerin bitkisel ürün sigortası yaptırmalarına etki eden faktörler, Aydın vd. (2016) tarafından Kırklareli ve Edirne illerinde çiftçilerin tarım sigortası uygulamalarına yaklaşımları, Mbonan ve Makhura (2018) tarafından yapılan çalışmada cinsiyet, medeni durum, eğitim ve deneyimin bitkisel ürün sigortası yaptırmayı etkilediği, Nalinci (2018) tarafından Amasya'da yapılan çalışmada, çiftçilerin tarım sigortası yapmalarına, tarımsal gelir, tarım dışı gelir durumu ve çiftçi örgütlerine üyeliğin etkili olduğu, Carrer vd. (2020) tarafından Brezilya'da yapılan çalışmada, soya fasulyesi, mısır, et ve süt sığırcılığı üretimi yapan üreticilerin tarım sigortası yaptırmalarına etki eden faktörleri, İkikat Tümer vd. (2019) tarafından Konya'da yapılan çalışmada çiftçilerin tarım sigortası yaptırmaya istekliliği, Hayran vd. (2020) tarafından Balıkesir'de yapılan çalışmada yem bitkisi üretimi yapan çiftçilerin tarım sigortası yaptırmalarına etki eden faktörler, Ankrah vd. (2021) tarafından Gana'da yapılan çalışmada, tarımsal üretimde bulunan küçük aile işletmelerinin tarım sigortalarına olan bakış açıları, Gbigbi ve Ndubuokwu (2022) tarafından Nijerya'da yapılan çalışmada, bitkisel üretimde bulunan çiftçilerin tarım sigortası yaptırmalarını etkileyen faktörler, Sinha vd.(2022) tarafından Hindistan'da yapılan çalışmada çiftçilerin bitkisel ürün sigortası taleplerini etkileyen faktörler, Başer vd.(2023) tarafından üzüm, fındık ve turuncgil üreticilerinin tarım sigortası yaptırmalarını

etkileyen faktörler, Akçaöz vd.(2023) tarafından Antalya’da tarımsal kooperatiflere ortak olan ve olmayan üreticilerin tarım sigortaları ile ilgili görüşleri ve Semerci ve Ken (2024) tarafından Denizli’de yapılan çalışmada, tarım sigortası yaptıran ve yaptırmayan kekik üreticilerinin işletmecilik özellikleri analiz edilmiştir.

Araştırma Ağrı İli Patnos İlçesi’nde yapılmıştır. Patnos ilçesi, 552 bin 464 dekar ekilebilir tarım alanı, 30 bin 57 adet büyükbaş ve 232 bin 828 adet küçükbaş hayvan varlığı ile Ağrı ili içerisinde tarımsal üretimin en yoğun olarak yapıldığı ilçedir (Anonim, 2023a). Konu ile ilgili olarak Ağrı ilinde daha önceden yapılmış bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu durum araştırmanın yapılmasında önemli bir motivasyon kaynağı oluşturmuştur. Araştırmanın amacı, Ağrı ili Patnos ilçesinde çiftçilerin tarım sigortası yaptırmalarına etki eden faktörleri belirlemek ve tarım sigortası yaptıran ve yaptırmayan çiftçiler arasında işletmecilik ve sosyo demografik özellikleri arasında fark olup olmadığını ortaya koymaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın ana materyalini, Ağrı ili Patnos ilçesi’nde tarımsal üretimde bulunan 67 adet çiftçiden toplanan anket verileri oluşturmaktadır. Örnek hacminin oransal örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir (Newbold, 1995; Miran, 2002). Örnek hacminin hesaplanmasında %90 güven ve %10 hata payı dikkate alınmıştır (Eşitlik 1). Anketler, Nisan ve Mayıs 2023 aylarında gerçekleştirilmiştir.

$$n = \frac{N * p * (1 - p)}{(N - 1) * \sigma_{p_x}^2 + p * (1 - p)} \quad (1)$$

$$n = \frac{3867 * 0.5 * 0.5}{3866 * 0.06079^2 + 0.5 * 0.5} \cong 67$$

Araştırmada, işletmelere ait tanımlayıcı istatistikler işletmelerin tarım sigortası yaptırap yaptırmama durumlarına göre düzenlenmiştir. İşletmeler arasında belirlenen değişkenler arasında fark olup olmadığı Mann-Whitney U testi ile test edilmiştir. Çiftçilerin tarım sigortası yaptırma kararları üzerine etkili olan faktörler Logit Model kullanılarak analiz edilmiştir (Greene, 2008).

$$P_i = E(Y = 1|X_i) = \alpha + \beta X_i \quad (2)$$

$$P_i = E(Y_i = 1|X_i) = \frac{1}{1+e^{-(\alpha+\beta X_i)}} = \frac{1}{1+e^{-Z_i}} \quad (3)$$

$$Z = \alpha + \beta X_i \quad (4)$$

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmada çiftçilerin %20.9'unun tarım sigortası yaptırdığı, %79.1'inin ise tarım sigorta yaptırmadığı belirlenmiştir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda çiftçilerin tarım sigortası yaptırmama oranları; %26.67 (Thennakoon ve Gunaratne, 2012), %39.13 (Gülse Bal vd. 2019), %19.4 (Carrer vd. 2020), %23.76 (Dong vd. 2020), %29.0 (Başer vd. 2023), %29.27 (Semerci ve Ken, 2024) ve %15.73 (Terin vd. 2024) olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, araştırmadan elde edilen sonuçların önceki yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu söylenebilir.

Araştırmada çiftçilerin demografik ve işletmecilik yapılarına ilişkin bazı istatistikler Tablo 1'de verilmiştir. Tarım sigorta yaptıran çiftçilerin yaş ortalaması 43.86, ortalama deneyim süresi 21.43 yıl, ortalama eğitim süresi 7.07 yıl ve hanedeki ortalama birey sayısı 9.64 kişi olarak belirlenmiştir. Tarım sigortası yaptıran ve yaptırmayan işletmeler arasında yaş, deneyim, eğitim süresi ve hanedeki birey sayısı açısından fark olup olmadığı t testi ile test edilmiş ve sadece hanedeki birey sayısı arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0.01$). Bu sonuca göre, hanedeki birey sayısı fazla olan çiftçilerin tarım sigortası yaptırmama oranı daha yüksektir. Thennakoon ve Gunaratne (2012) tarafından Sri Lanka'da, Chand vd. (2016) tarafından Hindistan'ın Rajathsan bölgesinde yapılan ve Subedi ve Kattel (2022) tarafından Nepal'de ve Terin vd. (2024) tarafından Van'da yapılan çalışmada da tarım sigortası yaptıran ve yaptırmayan işletmeler arasında ortalama yaş ve ortalama deneyim süreleri arasında fark olmadığı tespit edilmiş, ancak Semerci ve Ken (2024) tarafından Denizli'de kekik üreticileri ile yapılan çalışmada tarım sigortası yaptıran ve yaptırmayan çiftçiler arasında yaş, eğitim süresi ve kekik üretim deneyimi arasında fark olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmada, ortalama işlenen arazi büyüklüğü, tarım sigortası yaptıran işletmelerde 293.64 dekar iken, tarım sigorta yaptırmayan işletmelerde 211.38

dekar olarak tespit edilmiştir (Tablo 1). İşletmeler arasındaki arazi büyüklüğü farkı istatistiki olarak %5 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu sonuca göre, tarım sigortası yaptıran çiftçilerin daha fazla alanda üretim yaptıkları veya diğer bir ifade ile işlenen arazi miktarı fazla olan çiftçilerin, daha yüksek oranda tarım sigortası yaptırdıkları söylenebilir. Singh ve Chandel (2019) tarafından Hindistan'da ve Jha ve Singh (2021) tarafından Nepal'de, Terin vd. (2024) tarafından Van'da ve Semerci ve Ken (2024) tarafından Denizli'de yapılan çalışmalarda da tarım sigortası yaptıran çiftçilerin daha fazla miktarda arazi işledikleri tespit edilmiştir.

Araştırmada işletmelerin sahip oldukları büyükbaş hayvan varlığı, tarım sigortası yaptıran işletmelerde ortalama 11.64 baş, tarım sigortası yaptırmayan işletmelerde ise ortalama 2.94 baş olarak belirlenmiştir. İşletmeler arasında fark olup olmadığı Mann-Whitney U testi ile test edilmiş ve farkın istatistiki olarak %1 düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1). Bu sonuçlara göre tarım sigortası yaptıran çiftçilerin ortalama büyük baş hayvan varlığı, tarım sigortası yaptırmayan işletmelere göre daha fazladır. Subedi ve Kattel (2022) tarafından Nepal'de ve Terin vd. (2024) tarafından Van'da yapılan çalışmalarda tarım sigortası yaptıran çiftçilerin, yaptırmayanlara göre daha fazla sayıda ineğe sahip oldukları tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçların literatürle uyumlu olduğu görülmektedir.

Tarımsal destekler, çiftçilerin tarımsal üretimlerini teşvik ve tarımsal verimliliği arttırmak amacı ile belirli bir dönem uygulanan kamu destekleridir. Tarımsal desteklerden faydalanmak, çiftçilere göreceli olarak bir maliyet avantajı ve nakit akışı sağlamaktadır. Araştırmada, tarım sigortası yaptıran işletmelerin ortalama 3.64 adet tarımsal destekten faydalandığı, tarım sigortası yaptırmayan işletmelerin ise 2.17 adet tarımsal destekten faydalandığı belirlenmiştir (Tablo 1). Faydalanılan ortalama tarımsal destek sayısı arasında fark olup olmadığı Mann Whitney U testi ile test edilmiş ve fark istatistiki olarak %1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Buna göre, tarım sigortası sigorta yaptıran çiftçilerin daha fazla sayıda tarımsal destekten faydalandığı söylenebilir. Sonuç beklentilerle uyumludur. Çünkü çiftçilerin bazı tarımsal desteklerden faydalanabilmeleri için örneğin süt primi desteği için sağımı yapılan büyükbaş ve küçükbaş hayvanların sigortalı olması gerekmektedir (Anonim, 2023b). Bu durum da çiftçilerin ilgili desteklerden

faydalanabilmeleri için tarım sigortası yaptırmalarını zorunlu kılmaktadır. Terin vd. (2024) tarafından Van'da yapılan çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur.

Tablo 1: İşletmelere ait tanımlayıcı istatistikler

Demografik Yapı	Tarım sigortası yaptırma durumu	N	Ortalama	St. Sapma	P değeri
Yaş	Evet	14	43.86	7.18	0.433
	Hayır	53	46.75	13.19	
Eğitim (Yıl)	Evet	14	7.07	3.05	0.824
	Hayır	53	7.28	3.18	
Deneyim (Yıl)	Evet	14	21.43	8.95	0.868
	Hayır	53	20.70	15.70	
Hanedeki birey sayısı	Evet	14	9.64	4.09	0.000***
	Hayır	53	6.28	2.45	
İşletmecilik Yapısı	Tarım sigortası yaptırma durumu	N	Ortalama	St. Sapma	P değeri
İşlenen arazi (da)	Evet	14	293.64	251.54	0.013**
	Hayır	53	211.38	432.08	
B.baş hayvan sayısı (baş)	Evet	14	11.64	16.12	0.008***
	Hayır	53	2.94	13.98	
Faydalanılan tarımsal destek sayısı	Evet	14	3.64	1.65	0.001***
	Hayır	53	2.17	2.44	

Mann-Whitney U testine göre ortalamalar arasında fark **:0.10 **: 0.05, ***: 0.01 düzeyinde anlamlıdır

Araştırmada çiftçilerin tarım sigortası yaptırmalarına etki eden sosyo ekonomik ve işletmecilik faktörleri, Logit model kullanılarak analiz edilmiştir. Modelde kullanılan değişkenlere ait betimleyici istatistikler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Logit Modelde kullanılan değişkenlere ait tanıttıcı istatistikler

Bağımlı değişken	%	
Tarım sigortası yaptırma durumu (1:Evet, 0: Hayır)	20.9	
Bağımsız değişkenler		
Sürekli bağımsız değişkenler	Ort.	Std. S
Çocuk sayısı	5.39	2.91
İşlenen arazi miktarı (da)	228.57	400.86
Faydalanılan tarımsal destek sayısı	2.48	2.36
İkili/kesikli bağımsız değişkenler	%	
Tarımsal üretimden elde edilen gelir yeterli (1:Evet, ayır)	28.4	
Tarım dışı gelire sahip olma (1:Evet, 0:Hayır)	43.3	
Tarımsal kredi kullanma (1:Evet, 0:Hayır)	31.3	
İşletmede kayıt tutma (1:Evet, 0:Hayır)	34.3	
Tarım il ve ilçe müdür. ayda bir ziyaret (1:Evet, 0:Hayır)	53.7	
Sertifikalı tohum kullanma (1:Evet, 0:Hayır)	32.8	
Modern sulama sistemi kullanma (1:Evet, 0:Hayır)	61.2	

Model istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur LR X2 (10),(p=0.000) (Tablo 3). Modelde, istatistiki olarak anlamlı çıkan değişkenler açıklanmış ve yorumlanmıştır.

Araştırmada tarım sigortası yaptırma ile hanedeki çocuk sayısı arasında pozitif yönlü ve istatistiki olarak %5 düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Bu sonuca göre hanedeki çocuk sayısı arttıkça çiftçilerin tarım sigortası yaptırma olasılığı artmaktadır. Çocuk sayısının bir kişi artması, çiftçilerin tarım sigortası yaptırma olasılığını 2.04 kat arttırmaktadır (Tablo 3). Bu sonuç beklentilerle uyumludur. Çünkü hanedeki çocuk sayısının artması, çiftçilerin bakmakla yükümlü olduğu birey sayısını arttırmaktadır. Bu nedenle çiftçiler, herhangi bir riskten dolayı tarımsal ürünlerinde kalite veya miktar kaybından gelir azalmasına katlanmak istememektedirler. İki kat Tümer vd. (2019) tarafından Konya’da yapılan çalışmada hanedeki birey sayısının bir kişi artması çiftçilerin tarım sigortası yaptırma olasılığını %18.32 oranında arttırdığını tespit etmişlerdir.

Araştırmada çiftçilerin tarım sigortası yaptırması ile çiftçilerin faydalandıkları tarımsal destek sayısı arasında pozitif yönlü ve istatistiki olarak %10 düzeyinde anlamlı bir ilişki belirlenmiştir. Çiftçilerin faydalandığı tarımsal destek sayısının bir adet artması, çiftçilerin tarım sigortası yaptırma olasılığını 2.06 kat arttırmaktadır (Tablo 3). Elde edilen sonuç beklentilerle

uyumludur. Çünkü bazı tarımsal desteklerden faydalanabilmek için, tarım sigortası zorunluluğu vardır. Terin vd. (2024) tarafından Van'da yapılan çalışmada çiftçilerin faydalandıkları tarımsal destek sayısının bir adet artmasının tarım sigortası yaptırma olasılığını 1.83 kat arttırdığı tespit edilmiştir. Kabaoğlu (2017) tarafından yapılan çalışmada da tarımsal desteklerden faydalanan fındık üreticilerinin tarım sigortası yaptırma oranlarının daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Çiftçilerin tarımsal üretimden yeterli düzeyde gelir elde ediyor olması ile tarım sigortası yaptırma arasında negatif yönlü ve istatistiki olarak %5 düzeyinde anlamlı bir ilişki belirlenmiştir. Tarımsal üretimden yeterli düzeyde gelir elde eden çiftçilerin tarım sigortası yaptırma olasılığı 0.014 kat daha azdır (Tablo 3). Elde edilen sonucun beklentilerle uyumlu olduğu söylenebilir. Çünkü tarımsal üretimden yeterli düzeyde gelir elde eden çiftçilerin, işletmelerinin görece olarak daha büyük ve oluşabilecek hasarlara karşı alternatif gelir kaynaklarının olduğu düşünülebilir.

Çiftçilerin tarım sigortası yaptırması ile tarım dışı gelire sahip olmaları arasında istatistiki olarak %10 düzeyinde anlamlı bir ilişki belirlenmiştir. Tarım dışı gelire sahip çiftçilerin, tarım dışı gelire sahip olmayan çiftçilere göre tarım sigortası yaptırma olasılığı 40.73 kat daha fazladır (Tablo 3). Sonuç beklentilerle uyumludur. Çünkü tarımsal üretimde küçük işletmeler yeterli düzeyde gelir elde edemediğinden tarım sigortası primlerini ödemekte zorluk yaşamaktadırlar. Nalinci (2018) tarafından yapılan çalışmada da çiftçilerin tarım dışı gelire sahip olması ile tarım sigortası yaptırma oranları arasında pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Yapılan birçok bilimsel çalışmada (Bal ve Özüdoğru, 2021; Tekin ve Karlı, 2021; Yıldız, 2022; Terin vd. 2024) çiftçilerin tarım sigortası primleri yüksek olduğu için tarım sigortası yaptırmadıkları belirlenmiştir. Çiftçilerin tarım dışı gelire sahip olmaları tarım sigortası primlerini ödeyebilme olasılıklarını arttıracığı için elde edilen sonucun beklentilerle uyumlu olduğu söylenebilir.

Araştırmada tarım sigortası yaptırma ile çiftçilerin tarımsal kredi kullanımları arasında pozitif yönlü ve istatistiki olarak %1 düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Tarımsal kredi kullanan işletmelerin kullanmayanlara göre tarım sigortası yaptırma olasılığı 180.06 kat daha fazladır (Tablo 3). Bu

sonuç beklentilerle uyumludur. Çünkü tarımsal kredi kullanan çiftçiler, kredi karşılığı teminat gösterdikleri varlıkları sigortalatmak zorundadır. Gine ve Yang (2009) tarafından Malawi’de, Wairimu vd. (2016) tarafından Kenya’da ve Terin vd. (2024) tarafından Van’da yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar bulunmuştur.

Tarımsal işletmelerinde kayıt tutmak, çiftçilerin üretim planı, maliyet ve kar/zarar hesaplamalarını yapabilmelerine ve gelecekle ilgili daha doğru karar alabilmelerine olanak sağlar. Araştırmada tarım sigortası yaptıran ile işletmede kayıt tutma arasında pozitif yönlü ve istatistiki olarak %10 düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, işletmesinde kayıt tutan çiftçilerin tutmayanlara göre tarım sigortası yaptıran olasılığı 14.52 kat daha fazladır (Tablo 3). Elde edilen sonuç beklentilerle uyumludur. Çünkü işletmesinde kayıt tutan çiftçilerin görece olarak daha eğitilmiş, yeniliklere açık ve modern üretim yapan kişiler olduğu söylenebilir. Terin vd. (2024) tarafından Van’da yapılan çalışmada tarım sigortası yaptıran çiftçilerin yaptırmayanlara göre tarım sigortası yaptıran olasılığının 3.20 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Tarımsal üretimde sertifikalı tohum kullanımı üretimde verimliliği, zararlı ve hastalıklarla mücadelede maliyetleri düşürdüğü için Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından kullanımı desteklenen ve yaygınlaştırılmaya çalışılan bir uygulamadır. Araştırmada çiftçilerin tarım sigortası yapması ile sertifikalı tohum kullanımları arasında negatif ve istatistiki olarak %5 düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Tablo 3). Bu sonuca göre, sertifikalı tohum kullanan çiftçilerin tarım sigortası yaptıran olasılıkları daha düşüktür. Sonuç beklentilerle uyumlu olmamakla birlikte, sertifikalı tohum kullanan çiftçilerin kendilerine göre sertifikalı tohum kullandıkları için hastalıklar, verim düşüklüğü vb. risklere karşı önlem aldıklarını düşündüklerinde tarım sigortası yaptırmaya ilgisiz kalabilirler.

Son yıllarda tarımsal üretimde gerek suyun daha tasarruflu kullanılması, gerekse fazla suyun bitki ve toprak yapısına zarar vermesi nedeniyle modern sulama sistemlerinin (yağmurlama, damlama vb.) kullanımı artmakta ve kamuda bunu teşvik etmektedir. Araştırmada tarım sigortası yaptıran ile modern sulama sistemine sahip olma arasında pozitif ve istatistiki olarak %10 düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Modern sulama sistemlerini kullanan

çiftçilerin kullanmayanlara göre tarım sigortası yaptırma olasılığı 31.13 kat daha fazladır (Tablo 3). Sonuç beklentilerle uyumludur. Çünkü modern sulama sistemlerini kullanan çiftçilerin daha büyük işletmelere sahip ve yeniliklere açık oldukları söylenebilir.

Tablo 3: Binomial Logit model analizi sonuçları ve odds oranları

Değişkenler	Katsayılar	Z	P değeri	Odds
Sabit	-14.514***	-2.700	0.0069	0.004
Çocuk sayısı	0.713**	2.124	0.0337	2.04
İşlenen arazi miktarı	0.0003	0.144	0.8854	1.00
Faydalanılan tarımsal destek say.	0.724*	1.748	0.0818	2.06
Tarımsal gelir yeterli	-4.200**	-1.978	0.0479	0.014
Tarım dışı gelire sahip olma	3.707*	1.955	0.0506	40.73
Tarımsal kredi kullanma	5.193***	2.821	0.0048	180.06
İşletmede kayıt tutma	2.675*	1.922	0.0546	14.51
Tarım il ve ilçe müd. ziy.	2.072	1.117	0.2639	7.94
Sertifikalı tohum kullanma	-6.400**	-2.206	0.0274	0.001
Modern sulama sis. kullanma	3.438*	1.740	0.0818	31.13
McFadden R-Squared: 0.657 Loglikelihood: -11.768 X² (10): 45.1425***				

*** % 1, ** % 5 ve *%10 düzeyinde anlamlıdır

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarımsal üretimde ve çiftçi gelirlerinde devamlılığın sağlanabilmesi, hiç kuşkusuz tarımsal üretimde karşılaşılan risk ve belirsizlikleri en doğru şekilde yönetebilmekle mümkündür. Bunun araçlarından biri de tarım sigortalarıdır. Tarım sigortası uygulamalarına çiftçilerin katılımı ve katılımına etki eden faktörlerin araştırılması oldukça önemlidir. Araştırmada, Ağrı İli Patnos ilçesinde çiftçilerin tarım sigortası yaptırmalarına etki eden sosyo-ekonomik ve demografik faktörler analiz edilmiştir.

Araştırmada çiftçilerin %20.9'unun tarım sigortası yaptırdığı, tarım sigortası yaptıran ve yaptırmayan çiftçiler arasında demografik özellikler; yaş, eğitim ve deneyim değişkenleri bakımından önemli bir farkın olmadığı, ancak işletmecilik yapıları; arazi, büyükbaş hayvan varlığı ve faydalanılan tarımsal destek sayısı değişkenleri arasında tarım sigortası yaptıranlar lehine önemli farkların olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmada hanedeki çocuk sayısı, faydalanılan tarımsal destek sayısı, tarım dışı gelire sahip olma, tarımsal kredi kullanımı, işletmede kayıt tutma ve

modern sulama sistemi kullanma ile tarım sigortası yaptırma arasında pozitif yönlü, tarımsal üretimden yeterli gelir elde etme ve sertifikalı tohum kullanımı ile tarım sigortası yaptırma arasında negatif yönlü ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, çocuk sayısının fazla, göreceli olarak daha bilinçli, yeniliklere açık ve tarımsal kredi kullanan çiftçilerin tarım sigortası yaptırdıkları söylenebilir. Elde edilen sonuçların büyük bir bölümünün beklentilerle uyumlu olduğu görülmektedir.

Patnos, Ağrı ilinin tarımsal üretim potansiyeli en yüksek ilçelerinden biridir. İlçenin geçim kaynağı ağırlıklı olarak tarımsal üretime bağlıdır. Bu nedenle ilçede tarımsal üretim faaliyetlerinin kesintiye uğramadan devam etmesi, çiftçilerin yeterli geliri kazanarak buldukları yerde üretime devam etmeleri ve bölgedeki kırsal göçü önleyebilmek için çiftçilerin tarım sigortası uygulamalarına katılımının artırılması gerekmektedir. Bu nedenle araştırma bölgesinde tarım sigortası konularında çiftçilerde farkındalık oluşturma ve bilinçlendirmeye yönelik tarımsal yayım çalışmalarının yapılması ve tarım sigortası yaptıran çiftçilerin mağduriyet yaşamadan hasar ödemelerini zamanında alması, bölgedeki çiftçilerin tarım sigortasına katılımlarını arttıracaktır. Böylece olası riskler güvence altına aldığından çiftçiler üretimlerine daha iyi odaklanacaktır.

KAYNAKÇA

- Akçaöz, H., Güzel, A., Metin, B., & Redzepe, V. (2023). Tarımsal Amaçlı Kooperatiflere Ortak Olan ve Ortak Olmayan Üreticilerin Tarım Sigortası Hakkındaki Görüşlerinin Belirlenmesi. *Anadolu*, 33(1), 1-18.
- Ankrah, D. A., Kwapong, N.A., Eghan, D., Adarkwah, F., & Boateng-Gyambiby, D. (2021). Agricultural insurance access and acceptability: examining the case of smallholder farmers in Ghana. *Agriculture and Food Security*, 10, 19.
- Anonim, (2023a). Ağrı İli Patnos İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü Kayıtları.
- Anonim, (2023b). Tarım ve Orman Bakanlığı “Sözleşmeli Üretimin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik”
- Aydın, B., Özkan, E., Hurma, H., & Yılmaz, F. (2016). Kırklareli ve Edirne illerinde üreticilerin ürün sigortası uygulamalarına yaklaşımı. *Derim*, 33(2), 249-262.
- Bal, Ç., & Özüdoğru, H. (2021). Kalecik Karası Üzüm Üreticisinin Tarım Sigortasına Yönelik Yaklaşımlarının Analizi: Ankara İli Kalecik İlçesi Örneği. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 56(4), 2874-2891.
- Başer, U., Bozoğlu, M., & Mennan, H. (2023). Çiftçilerin tarım sigortası yaptırmalarını etkileyen faktörler. *Akademik Ziraat Dergisi*, 12(1): 77-82.
- Bayramoğlu, Z., Kaya, S., & Karakayacı, Z. (2013). Tarım İşletmelerinde Risk Kaynakları ve Risk Yönetim Stratejilerinin Belirlenmesi: Çumra İlçesi Örneği. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(1), 46-54.
- Carrer, M.J., Silveira, R.L.F., Vinholis, M.M.B., & Filho, H.M.S. (2020). Determinants of agricultural insurance adoption: evidence from farmers in the state of São Paulo, Brazil. *RAUSP Manag. J.* 55(4), 547-566.
- Ceyhan, V. (1995). Tarımda Risk İdaresi Stratejileri ve Risk İdaresinde Kooperatifçiliğin Rolü. *Karınca Kooperatif Postası Sayı 702*, 17-23.
- Chand, S., Kumar, A., Bhattarai, M., & Saroj, S. (2016). Status and Determinants of Livestock Insurance in India: A Micro Level Evidence from Haryana and Rajasthan. *Indian Journal of Agricultural Economics* 71(3), 335-346.
- Çukur, F., Saner, G., Çukur, T., & Uçar, K. (2008). Malatya ilinde kayısı üreticilerinin riskin transferinde tarım sigortasına bakış açılarının değerlendirilmesi: Doğanşehir İlçesi Polatdere Köyü Örneği. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 45(2), 103-111.
- Dinler, T., Yaltırık, A., Çetin, B., Özkan, B., Gülçubuk, B., Sürmeli, E., Ekmen, E., Saner, G., Akçaöz, H., Karahan- Uysal, Ö., Karaaslan, S., & Kıymaz, T. (2005). Tarımda risk yönetimi ve tarım sigortaları (Sözlü Bildiri). *Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi*, Ankara, Türkiye, 3-7 Ocak, ss, 1209-1232.

- Dong, H., Jimoh, S.O., Hou, Y., & Hou, X. (2020). Willingness to Pay for Livestock Husbandry Insurance: An Empirical Analysis of Grassland Farms in Inner Mongolia, China. *Sustainability* 12(18), 7331.
- Gbigbi, T.M., & Ndubuokwu, G.O. (2022). Determinants of agricultural insurance patronage among crop farmers in Delta north agricultural zone, Delta State, Nigeria. *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 59(2): 235-248.
- Gine, X., & Yang, D. (2009). Insurance, Credit, and Technology Adoption: Field Experimental Evidence from Malawi. *J. Dev. Econ.* 89(1), 1-11.
- Goodwin, B. K. (1994). Premium rate determination in the federal crop insurance program: What do averages have to say about risk? *Journal of Agricultural and Resource Economics* 19, 382-395.
- Greene, W. H. (2008). *Econometric Analysis*. Sixth Edition. Pearson Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey USA
- Gülse Bal, H.S., Yüzbaşıoğlu, R., & Kaplan, E. (2019). Fındık Üreticilerinin Tarım Sigortası Yaptırmaya Yönelik Davranışları ve Bunu Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi: Giresun İli Bulancak İlçesi Örneği. *Türk Tarım -Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 7(11), 2025-2029.
- Hayran, S., Berk, A., & İmamoğlu, H. (2020). Yem Bitkisi Üreticilerinin Tarım Sigortası Yaptırma Kararlarına Etki Eden Faktörler: Balıkesir İli Örneği. *Ziraat Mühendisliği* 369, 22-29.
- İkikat-Tümer, E., Ağır, H.B. & Uslu, Z. (2019). Çiftçilerin Tarım Sigortası Yaptırma İstekliliği: Konya İli Ilgın İlçesi Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 22(4), 571-576.
- Jha, A.K., & Singh, O.P. (2021). Farmers' Awareness and Perception about Livestock Insurance in Dhanusha District, Nepal. *International Journal of Biological Innovations*, 3(1), 228-239.
- Kabaoğlu, H. (2017). Fındık Üreticilerinin Tarım Sigortası Yaptırmaya Karar Verme Sürecinde Etkili Olan Faktörlerin Analizi: Düzce İli Örneği. (Yüksek Lisans Tezi), Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Karahan, Ö. (2002). Tarımda Üreticilerin Risk Karşısında Davranışları Üzerine Bir Araştırma: Ege Bölgesinden Örnek Bir Olay. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı.
- Karahan-Uysal, Ö., Saner, G., Ceyhan, V., Bayramoğlu, Z., Engürülü, B., İkikat Tümer, E., Akyüz, Y., Tekin, M.K., & Doğan Öz, B. (2020). Tarımda Risk Yönetimi: Mevcut Durum ve Gelecek Eğilimleri (Sözlü Bildiri). *Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi*, Ankara, Türkiye, 13-17 Ocak 2020, ss.807-834.
- Kay, P.K. (1981). *Agricultural Insurance, Theory and Practice and Application to Developing Countries*. Pergoman Press Ltd., Headington Hill Hall, England.

- Mbonan, N.D., & Makhura, M.N. (2018). Factors influencing farmers' interest in crop insurance in Swaziland. Southern Africa -Towards Inclusive Economic Development, Working Paper 15.
- Miran, B. (2002). *Temel İstatistik*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Nalinci, S. (2018). Amasya İlindeki Üreticilerin Riske Karşı Tutumları Ve Tarım Sigortası Karar Sürecinde Etkili Olan Faktörlerin Analizi. Doktora Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Newbold, P. (1995). *Statistics for Business and Economics*. Prentice-Hall International
- Özçelik, A. (2018). *Tarım Sigortaları*. Ekin Yayınevi, ISBN 978-605-327-627-2.
- Semerci, A., & Ken, E. (2024). Kekik Üretiminde Tarım Sigortası Uygulamasının Analizi: Denizli İli Örneği. *Uluslararası Fen, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(2): 202-218.
- Shaik, S. (2013). Crop insurance adjusted panel data envelopment analysis efficiency measures. *American Journal of Agricultural Economics*, 95, 1155-1177.
- Subedi, S., & Kattel, R.R. (2022). Determining Factors and Impact of Household Income on Dairy Cattle Insurance in Nepal. *Journal of Agriculture and Forestry University*, 5, 229-238.
- TARSİM, (2024). Tarım Sigortaları Havuz İşletmesi 2023 Yılı Faaliyet Raporu.
- Tekin, A., & Karlı, B. (2021). Denizli ili Çivril ilçesinde elma üretimi yapan tarım işletmelerinde üreticilerin tarım sigortası yaptırma tercihleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 26(1), 8-19.
- Terin, M., & Aksoy, A. (2015). Devlet Destekli Bitkisel Ürün Sigortası Uygulama Sonuçları Üzerine Bir Araştırma: Ortadoğu Anadolu (TRB) Bölgesi Örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 3(2), 35-43.
- Terin, M., Ceylan, M., Çiftçi, K., & Yıldırım, İ. (2024). Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Hayvan Hayat Sigortası Yaptırmalarına Etki Eden Faktörlerin Analizi: Van İli Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg*, 27(2), 460-468.
- Thennakoon, T., M.P. & Gunaratne, Y.M.C. (2012). Investigation of Factors Affecting Agricultural Insurance Demand in Sri Lanka. Proceedings of the Research Symposium of Uva Wellassa University, November 22-23.
- Wairimi, E., Obare, G. & Odendo, M. (2016). Factors affecting weather index-based crop insurance in Laikipia County, Kenya. *J. Agric. Ext. Rural Dev*, 8(7), 111-121.
- Yıldız, L. (2022). Bursa İli Gürsu İlçesinde Üreticilerin Tarım Sigortası Yaptırma Tercihini Etkileyen Faktörler. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı.

BÖLÜM 9

ANIT AĞAÇLAR VE BESLENME YÖNETİMİ: BEYKOZ İLÇESİ ÖRNEĞİ

Zir. Yük. Müh. Murat DEMİR¹
Prof. Dr. Şevket ALP^{2*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14576098>

¹İstanbul Büyükşehir Belediyesi Park ve Bahçeler Dairesi Başkanlığı Anadolu Yakası Park ve Bahçeler Şube Müdürlüğü Beykoz Bölge Şefliği İstanbul-Türkiye
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-6027-6444>

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 6508 Van-Türkiye ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9552-4848>

*sorumlu yazar: alpsevket@yyu.edu.tr

1. GİRİŞ

Anıt ağaçlar doğal ve kültürel mirasın vazgeçilmez unsurlarından biridir. Bu ağaçların insanlar için taşıdığı anlam zaman içinde duygusal ve düşünsel bağlarla zenginleşmiştir. Toplumdan topluma ve kişiden kişiye değişiklik gösterebilen bu anlamlar anıt ağaçların kültürel kimlikler üzerindeki etkisini gözler önüne serer. Ne var ki, bölgede yeterli eğitim ve tanıtım faaliyetlerinin eksikliği, anıt ağaç kavramının bazı değerlerinin unutulmasına ve anlamını kaybetmesine yol açmaktadır. Bu ağaçlar yetiştikleri ortamın ve temsil ettikleri türlerin özelliklerine bağlı olarak büyüyüp gelişirken alışılmışın ötesinde uzun bir ömür sürmektedir. Kültürümüzde ve tarihimizde özel bir yere sahip olan bu ağaçlar geçmiş ile gelecek arasında bir köprü görevi üstlenir. Ancak, zamanla bakım eksikliği, yanlış kullanım veya çevresel tehlikeler nedeniyle zarar görebilmekte ve yok olma riskiyle karşı karşıya kalmaktadırlar.

2. ANIT AĞAÇ KAVRAMI

Anıt ağaçlar, türlerinin bilinen sınırlarının çok üzerinde yaş, çap ve boy gibi fiziksel özelliklere sahip, uzun ömürlü ağaçlardır (Asan, 2010b; Alp, 2017). Bazı anıt ağaçların uzun ömürlü olmasının temel nedeni, kutsal mekânlarda bulunmaları, mistik özellik taşımaları ve himayesinde buldukları kabir veya yatır sahiplerine duyulan hürmetten ötürü korunmalarındadır (Asan, 2010a; Alp, 2016). Fiziksel görkemleri ve kültürel değerleriyle dikkat çeken bu ağaçların bireyler ve toplum üzerindeki olumlu psikolojik etkilerini vurgulayan Asan (1992), anıt ağaçlara hak ettikleri değerin verilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Anıt ağaçlar tarihsel, mistik, folklorik ve boyutsal özelliklere göre sınıflandırılabilirler. Türk Standartları Enstitüsü'nün belirlediği kurallar çerçevesinde, anıt ağaçların tespiti ve tescili yapılır. Bu süreçte ağacın yaşı, çapı, boyu gibi fiziksel özelliklerinin yanı sıra, kültürel ve tarihsel değeri de değerlendirilir (Asan, 1992; Yörüklü, 1997). Bazı ağaçlar fiziksel boyutları devasa olmasa bile kök, gövde ve dallarındaki özel oluşumlar nedeniyle korunmaya değer kabul edilebilir. Ancak kısa ömürlü veya yerel kültürde bir anlam taşımayan ağaçlar anıt ağaç kategorisine girmez (Efe vd., 2010).

Anıt ağaçların korunmasına yönelik uygulamalar, dünya genelinde yaygındır. Lübnan sedirleri ve ABD'deki Yosemite Milli Parkı'ndaki mamut

ağaçları bu konuda önemli örneklerdir (Efe vd., 2010). Anadolu ise ekolojik ve kültürel zenginlikleri ile anıt ağaçların korunması açısından önemli bir coğrafyadır. Ancak çevresel sorunlar bu değerli mirasın sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir (Asan, 2010a; Lonsdale, 2013).

3. ÇEVRESEL ETKİLER VE KORUMA ÖNEMİ

Artan insan nüfusu ve teknolojinin yanlış kullanımı çevre kirliliğini artırmış, doğal alanların daralmasına ve yaşam alanlarının kısıtlanmasına yol açmıştır. Bu olumsuzlukları önlemek amacıyla doğayı ve doğal kaynakları koruma düşüncesi dünya genelinde yaygınlık kazanmıştır (Palabaş vd., 2005). Anıt ağaçlar doğal ve kültürel mirasın bir parçası olarak gelecek nesillere aktarılması gereken önemli değerlerdir. Bu nedenle tespit, tescil ve koruma çalışmaları büyük bir öneme sahiptir. İlgili belediyelerin, 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu çerçevesinde anıt ağaçları kayıt altına alması ve koruma tedbirleri uygulaması gerekmektedir (Efe vd., 2010).

Bu çalışma İstanbul ili Beykoz ilçesindeki kayıtlı anıt ağaçların beslenme durumu incelenmiştir. Yaprak ve toprak örnekleri analiz edilerek eksik makro ve mikro elementler içerikleri tespit edilmiş, koruma stratejilerinin oluşturulmasında kullanılabilecek değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışma genetik ve kültürel bir miras olan anıt ağaçların korunmasına, doğa sevgisinin ve çevre bilincinin güçlenmesine katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı Yeşil Alanlar Daire Başkanlığı Anadolu Yakası Park ve Bahçeler Müdürlüğü'ne ait Beykoz Bölge Şefliği sınırları içinde bulunan 2014 yılında tescil edilmiş 830 adet anıt ve koruma değeri taşıyan ağaçtan seçilen 11 adet örnek ağaç üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu ağaçlar Beykoz Korusu, Beykoz Çayırı, Sultaniye Parkı ve Hıdiv Kasrı Korusu gibi önemli doğal alanlardan seçilmiştir. Aşağıda, bu çalışmada kullanılan materyal ve uygulanan yöntemler ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

4.1. Araştırma Alanı

Beykoz doğal güzellikleri ve tarihi geçmişiyile zengin bir bölge olup, bu bölgelerdeki anıt ağaçlar sadece biyolojik çeşitliliğin korunması açısından

değil, kültürel miras açısından da büyük öneme taşır (Atasoy, 2005). Çalışma yapılan alanlar, çeşitli ekosistemlere sahip olup, farklı toprak ve iklim koşullarına sahiptir.

4.2. Araştırma Ağaçlarının Türleri

İncelenen anıt ağaç türleri: Doğu Çınarı (*Platanus orientalis* L.), Londra Çınarı (*Platanus × acerifolia* Aiton Willd.), Sivri Meyveli Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), Fıstık Çamı (*Pinus pinea* L.) ve Saplı Meşe (*Quercus robur* L.)dir.

4.3. Toprak örnekleri ve analizi

Toprak ve yaprak örnekleri anıt ağaçların sağlıklı gelişimini değerlendirmek için alınmıştır. Toprak örnekleri her ağacın etrafındaki farklı derinliklerden (0-30 cm ve 30-90 cm arasında) alınmıştır. Her bir ağacın çevresinden 3 kg'lık numuneler alınarak, her bir örnek alana ait toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir (Kacar, 1972).

Toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri İstanbul Ağaç ve Peyzaj Ar-Ge Laboratuvarı'ndan hizmet alımı yapılarak belirlenmiştir. Toprak analizlerinde aşağıdaki parametreler ölçülmüştür: Toprak türü (kumlu killi tın, killi tın vb.), kil, silt ve kum oranları, pH analizi elektriksel iletkenlik (EC), tuz oranı, su ile doygunluk ve % nem, organik madde miktarı (%), kireç miktarı (%), fosfor (P_2O_5), potasyum (K_2O) ve toplam azot miktarları.

Toprak analiz sonuçları her bir anıt ağacın yetiştiği ortamın verimliliğini ve bu ortamın bitki gelişimi üzerindeki etkilerini değerlendirmede kullanılmıştır.

4.5. Yaprak örnekleri ve Analizleri

Örnekler ağacın farklı yöneylerinden toplanmış ve ağacın gelişim evresine göre seçim yapılmıştır. Her ağaçtan toplamda 15 adet yaprak örneği alınmış, bu örnekler daha sonra laboratuvar musluk önce iki kez musluk suyu, daha sonra iki kez saf sudan geçirilerek yıkanmış kurutulmuş ve öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal 2008). Yapraklar, ağaçların beslenme durumunu, özellikle makro ve mikro besin elementlerini belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

Yaprak analizleri bitkilerin makro (azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum) ve mikro (demir, mangan, çinko, bakır) besin elementlerini ölçmek için yapılmıştır. Analizler, Kacar ve İnal (2008)'ın belirttiği kuru yakma yöntemi ile bitki ekstraktları elde edilmiş ve ekstraktlarda makro ve mikro element analizleri ICP-OES aleti ile yapılmıştır. Yapraklardaki besin elementlerinin seviyesi, bitkilerin beslenme durumunu belirleyerek, eksiklik veya aşırı besin maddesi durumlarını ortaya koymuştur.

4.6. Koruma Stratejilerinin Geliştirilmesi

Toprak ve yaprak analizlerinden elde edilen bulgular anıt ağaçların korunması için gerekli stratejilerin oluşturulmasında kullanılmıştır. Analiz sonuçları eksik olan besin maddelerinin tamamlanması için organik gübreleme yöntemleri ve pH dengeleme gibi uygulamaların tespiti için değerlendirilmiştir. Bu tespitler ağacın sağlıklı gelişimini sürdürebilmesi ve çevresel tehditlere karşı dirençli olabilmesi için önemlidir.

5. BULGULAR

5.1. Toprak Analiz Sonuçları

İstanbul'un Beykoz ilçesinde farklı korularda ve parklarda yetişen anıt ağaçların toprakların 0-30 cm ve 30-90 cm derinliklerinden alınan örneklerde yapılan analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Tablodaki veriler, her bir alanın bitki gelişimi için sahip olduğu potansiyel ve sınırlamaları belirlemek için bir temel sağlamaktadır.

Toprak Türü

Anıt ağaçlarının yetiştiği bölgelerdeki toprak türlerinin "kumlu killi tın", "killi tın" ve "kumlu tınlı" oldukları gözlenmiştir. Bu durum, toprak yapısında farklı su tutma kapasitelerine ve hava geçirgenliğine işaret eder. Kil oranı genelde %18.98 ile %33.97 arasında değişmekte ve toprağın orta derecede killi olduğunu göstermektedir. Silt oranı %17.42 ile %25.21, kum oranı ise %41.46 ile %61.68 arasında değişmektedir. Beykoz Korusu ve Hidiv Kasrı Korusundaki kum oranları diğer alanlara göre daha yüksektir, bu da daha geçirgen bir toprak yapısına işaret etmektedir.

pH Değeri

Tüm bölgelerde pH değerleri 7.46 ile 7.88 arasında değiştiğinden toprağın hafif alkali olduğunu gösterir. Çoğu bitki türü için 6.0-7.5 pH aralığı idealdir; hafif alkalilik bazı mikro besinlerin alımını sınırlayabilir.

Tablo 1: Anıt ağaçlarının yetiştirildiği bölgelerdeki toprakların analizi

Yer	Beykoz Korusu		Beykoz Çayırı		Sultaniye Parkı		Hidiv Kasrı Korusu	
	0-30	30-90	0-30	30-90	0-30	30-90	0-30	30-90
Toprak örnekleme derinliği (cm)								
Toprak türü	Kumlu Killi Tın	Kumlu Killi Tın	Killi Tın	Killi Tın	Kumlu Tınlı	Kumlu Tınlı	Kumlu Killi Tın	Kumlu Killi Tın
Kil oranı (%)	20.9	27.98	30.97	33.97	18.98	29.62	21.76	27.76
Silt oranı (%)	17.42	17.7	24.5	24.57	20.53	25.21	20.57	24.42
Kum oranı (%)	61.68	54.32	44.54	41.46	60.39	45.18	57.67	47.82
pH*(27.7°C-pH)	7.78	7.59	7.51	7.63	7.68	7.88	7.6	7.46
EC (iletkenlik) 24,3°C - mho/cm	429	602	440	289	406	284	618	401
Tuz oranı (%)	0.015	0.024	0.016	0.01	0.014	0.011	0.024	0.013
Su ile doygunluk (%)	55.36	56.12	54.56	55.02	52.87	63.14	52.39	53.13
Nem (%)	16.9	15.4	15.68	13.33	16.86	19.34	22.43	16.38
Organik madde (%)	2.413	2.318	2.296	1.257	2.229	1.527	3.881	3.034
Kireç (%)	2.542	3.492	1.267	1.841	2.301	4.598	1.172	1.234
Fosfor (P ₂ O ₅) kg/da	13.63	12.25	7.099	4.752	13.0	17.98	22.56	17.63
Potasyum (K ₂ O) kg/da	53.05	31.39	31.81	20.45	20.8	21.67	35.73	34.49
Toplam azot (%)	0.320	0.221	0.177	0.143	0.216	0.094	0.211	0.188

EC (Elektriksel İletkenlik) ve Tuz Oranı

EC değerleri 284 ile 618 mho/cm arasında değişmektedir. Tuz oranı ise %0.01 ile %0.024 arasındadır. Bu değerler, toprakların genel olarak düşük tuz içeriğine sahip olduğunu ve tuzluluk sorununun olmadığını gösterir.

Su ile Doymunluk ve Nem

Su ile doymunluk ve nem oranları %13.33 ile %22.43 arasında değişmektedir. Hidiv Kasrı Korusunun nem oranı diğer bölgelere kıyasla yüksektir. Yüksek nem oranı, bitki kökleri için daha sürekli bir su kaynağı sağlar.

Organik Madde

Organik madde oranı %1.257 ile %3.881 arasında değişmektedir. Hidiv Kasrı Korusunda organik madde oranı en yüksektir. Organik madde, toprak verimliliğini artırır ve bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerini sağlar.

Kireç

Kireç oranı %1.172 ile %4.598 arasında değişmektedir. Yüksek kireç oranı toprağın pH'ını artırabilir ve bazı mikro besinlerin bitkiler tarafından alınmasını zorlaştırabilir. Bu bölgelerin kireç problemi olmadığı belirlenmiştir.

Fosfor ve Potasyum

Fosfor (P_2O_5) değeri 4.752 ile 22.56 kg/da arasında değişmektedir. Hidiv Kasrı Korusunda fosfor seviyesi en yüksektir. Potasyum (K_2O) değeri 20.45 ile 53.05 kg/da arasında değişmektedir. Beykoz Korusunun üst katmanı potasyum açısından daha zengindir.

Toplam Azot

Toplam azot oranı %0.094 ile %0.32 arasında değişmektedir. Bu değerler toprakların orta düzeyde azot içerdiğini gösterir ve azot seviyesi bitkilerin büyümesi için kritik öneme sahiptir.

Beykoz Korusu ve Hidiv Kasrı Korusu kumlu yapıları ve organik madde içeriğiyle daha geçirgen ve bitki kök gelişimi için uygun özellikler göstermektedir. Beykoz Çayırı ve Sultaniye Parkı ise daha killi yapısıyla su

tutma kapasitesi yüksek ancak drenaj açısından dikkat gerektiren alanlardır. Tüm bölgelerde gübreleme ve toprak iyileştirme çalışmaları ile verimlilik artırılabilir. Organik gübre kullanımı ve pH dengelemesi bitki gelişimini destekleyecektir.

Araştırma alanında yer alan ağaç türlerinin yaprak analizi sonuçlarında göre beslenme durumları incelendiğinde türlerin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

5.1.1 Doğu çınarı (*Platanus orientalis L.*)'nın beslenme durumu

Beykoz Çayırı'nda bulunan Doğu çınarı (*P. orientalis*) anıt ağaçlarının yapraklarında tespit edilen besin maddeleri Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2: Beykoz Çayırı'ndaki Doğu çınarı (*P. orientalis L.*) ağaçlarının yapraklarında tespit edilen besin maddeleri

Besin maddeleri	Genotip 1	Genotip 2	Genotip 3	Genotip 4	Referans Değerler
Azot (%)	1.973	1.842	1.486	1.615	2.0 - 3.5
Fosfor (%)	0.149	0.164	0.174	0.182	0.1 - 0.3
Potasyum (%)	0.516	0.891	0.768	0.902	0.5 - 1.5
Kalsiyum (%)	0.891	0.938	0.762	0.771	0.5 - 2.0
Magnezyum (%)	0.141	0.140	0.147	0.18	0.15 - 0.5
Demir (mg.kg ⁻¹)	62.49	93.62	63.33	47.78	50 - 250
Mangan (mg.kg ⁻¹)	17.91	15.271	14.57	16.11	20 - 200
Çinko (mg.kg ⁻¹)	10.26	12.88	12.41	18.45	15 - 50
Bakir (mg.kg ⁻¹)	4.039	5.405	6.494	5.784	5 - 20

Türün beslenme durumu ve olası eksiklikler aşağıda değerlendirilmiştir:

Azot: Genotiplerin azot değeri %1.486-%1.973 arasında tespit edilmiştir. Değerler genelde yeterli kabul edilen aralıktadır, ancak en düşük değer (%1.486) azot eksikliği belirtilerine yol açabilir. Bu durum, yaprak sararması ve büyüme yavaşlaması gibi etkiler oluşturabilir.

Fosfor: Genotiplerin fosfor değeri %0.149-%0.182 arasında tespit edilmiştir. Elde edilen değerler bitki ihtiyaçlarını karşılayacak düzeydedir, ancak alt sınırdaki değerler (%0.149) daha hassas genotiplerde sınırlayıcı olabilir.

Potasyum: Genotiplerin potasyum değeri %0.516-%0.902 arasında tespit edilmiştir. Değerler genelde iyi seviyededir, ancak en düşük değer (%0.516) bitki stresine karşı duyarlılığı artırabilir.

Kalsiyum: Genotiplerin kalsiyum değeri %0.762-%0.938 arasında tespit edilmiştir. Tespit edilen değerler genellikle yeterlidir ve yaprak sağlığı için destekleyici özellikler taşır.

Magnezyum: Genotiplerin magnezyum değeri %0.140-%0.180 arasında tespit edilmiştir. Tespit edilen aralık yeterlidir, ancak en alt sınırdadır (%0.140) klorofil üretimi sınırlı kalabilir.

Demir: Genotiplerin demir değeri 47.78-93.62 mg.kg⁻¹ arasında değişmektedir. Değerler genel olarak yeterli aralıktadır, ancak en düşük değere sahip genotipte demir eksikliği belirtileri görülebilir.

Mangan: Genotiplerin mangan değeri 14.57-17.91 mg.kg⁻¹ arasında değişmektedir. Değerler referans değerleri ile kıyaslandığında genel olarak iyi seviyelerdedir.

Çinko: Çinko değeri 10.26-18.45 mg.kg⁻¹ arasında değişmektedir. Özellikle en yüksek değer (%18.45), bitki gelişimi için oldukça destekleyici bir seviyededir. İlk üç genotipte çinko değerleri referans değerlerin altında olduğu belirlenmiştir.

Bakır: Genotip 1 hariç diğer üç genotipte tespit edilen bakır değeri referans değerleri aralığında olup genotiplerin bakır kapsamı 4.039-6.494 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Tespit edilen değerler bitki ihtiyaçlarını karşılamak için yeterlidir.

Genel Değerlendirme

Yapraklardaki makro ve mikro besin maddelerinin genel düzeyi, bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyümesi için yeterli görünmektedir. Ancak, en düşük seviyelerdeki azot ve demir bazı durumlarda beslenme eksikliği belirtilerine yol açabilir. Çinko açısından yaprak gübrelemesine önem verilmesi gerekmektedir.

5.1.2 Londra çınarı (*Platanus × acerifolia* (Aiton) Willd.)'nın beslenme durumu

Beykoz Çayırı'nda bulunan Londra çınarı (*P x acerifolia* (Aiton) Willd.) Anıt ağaçlarının yapraklarında tespit edilen besin maddeleri Tablo 3'te verilmiştir.

Türün beslenme durumu ve olası eksiklikler aşağıda değerlendirilmiştir:

Azot (N): Genotiplerin azot değeri %1.615-%2.369 arasında tespit edilmiştir. Azot seviyeleri genelde iyi düzeyde olmakla birlikte en düşük değer (%1.615), büyüme ve fotosentezde sınırlayıcı olabilir. En yüksek azot seviyesi (%2.369) bitkinin optimum büyümesi için yeterlidir.

Fosfor (P): Genotiplerin fosfor değeri %0.154-%0.209 arasında tespit edilmiştir. Fosfor değerleri genelde tatmin edicidir. En yüksek değer (%0.209) kök gelişimini desteklerken, en düşük değer (%0.154) sınırlayıcı olabilir.

Tablo 3: Beykoz Çayırı'ndaki Londra çınarı (*Platanus x acerifolia*) ağaçlarının yapraklarında tespit edilen besin maddeleri

Besin maddeleri	Genotip 1	Genotip 2	Genotip 3	Referans Değerler
Azot (%)	2.369	2.21	1.615	2.0 - 3.5
Fosfor (%)	0.154	0.209	0.179	0.1 - 0.3
Potasyum (%)	0.57	0.932	1.098	0.5 - 1.5
Kalsiyum (%)	1.096	1.411	1.096	0.5 - 2.0
Magnezyum (%)	0.24	0.183	0.17	0.15 - 0.5
Demir (mg.kg ⁻¹)	409.5	91.64	56.51	50 - 250
Mangan (mg.kg ⁻¹)	23.13	44.8	16.3	20 - 200
Çinko (mg.kg ⁻¹)	18.72	17.42	18.1	15 - 50
Bakır (mg.kg ⁻¹)	6.465	8.14	7.412	5 - 20

Potasyum (K): Genotiplerin potasyum değeri %0.57-%1.098 arasında tespit edilmiştir. Potasyum seviyeleri oldukça iyi düzeydedir. En yüksek değer (%1.098), bitkinin su dengesini ve hastalıklara karşı direncini artırabilir. Buna karşılık kimi elementlerin (Ca, Mg ve Na gibi) alınımını ya da bitkideki işlevlerine olumsuz etkisi de olabilir.

Kalsiyum (Ca): Genotiplerin kalsiyum değeri %1.096-%1.411 arasında tespit edilmiştir. Kalsiyum değerleri genel olarak yeterlidir. Hücre duvarı yapısının sağlamlığı ve iyon dengesi açısından bu düzeyler uygundur.

Magnezyum (Mg): Genotiplerin magnezyum değeri %0.17-%0.24 arasında tespit edilmiştir. Magnezyum seviyeleri genelde düşük-orta düzeydedir. En düşük değer (%0.17), klorofil üretiminde sınırlayıcı olabilir.

Demir: Genotiplerin demir değeri 56.51-409.5 mg.kg⁻¹ arasında değişmektedir. En yüksek değer (409.5 mg.kg⁻¹), bitkinin ihtiyaçlarını fazlasıyla karşılarken, en düşük değer (56.51 mg.kg⁻¹) eksiklik belirtilerine yol açabilir.

Mangan: Genotiplerin mangan değeri 16.3-44.8 mg.kg⁻¹ arasında değişmektedir. Mangan seviyeleri yeterli düzeydedir. En yüksek değer (44.8 mg.kg⁻¹), enzim aktivitelerini ve azot metabolizmasını desteklerken, en düşük değer (%16.3) minimum ihtiyacın biraz üzerinde kalmaktadır.

Çinko: Çinko değeri 17.42-18.72 mg.kg⁻¹ arasında değişmektedir. Çinko değerleri tüm konumlarda yeterli düzeydedir. Hormon üretimini ve büyüme düzenleyicilerini destekler.

Bakır: Üç genotipte tespit edilen bakır değeri 6.465-8.14 mg.kg⁻¹ arasında değişmektedir. Bakır seviyeleri iyi düzeydedir. Fotosentez ve lignin sentezi için yeterli desteği sağlar.

Genel Değerlendirme

Azot ve potasyum özellikle büyüme ve genel bitki sağlığı açısından kritik öneme sahiptir. Her iki elementin seviyeleri genelde tatmin edici olsa da, alt limitte olan azot (%1.615) takviye gerektirebilir. Fosfor ve magnezyum bazı örneklerde sınır değerlerde kalmaktadır. Toprağa veya yapraklara fosfor ve magnezyum içerikli gübreler uygulanması faydalı olacaktır. Demir miktarı örnekler arasında büyük bir farklılık göstermektedir. Özellikle en düşük değer (56.51 mg.kg⁻¹) demir eksikliği belirtilerine yol açabilir. Şelatlı demir gübreleri ile takviye önerilir. Mangan, çinko ve bakır genel olarak yeterli düzeydedir ve bitkinin metabolik süreçlerini desteklemektedir.

5.1.3. Sivri Meyveli Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.)'ın beslenme durumu

Sultaniye Parkı'nda bulunan Sivri Meyveli Dişbudak (*F. angustifolia*) anıt ağacının yapraklarında tespit edilen besin maddeleri Tablo 4'te sunulmuştur.

Türün beslenme durumu ve olası eksiklikler aşağıda değerlendirilmiştir:

Azot (N): Genotipe ait değer %3.971'tir. Bu seviye oldukça yüksektir ve bitkinin büyüme ile yeşil doku ihtiyaçlarını fazlasıyla karşılamaktadır.

Fosfor (P): Genotipe ait değer %0.205'tir. Fosfor seviyesi yeterli düzeyde olup bitkinin ihtiyaçlarını karşılamaktadır ve referans sınır değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. **Potasyum (K):** Genotipe ait değer %1.288'tir. Bu değer referans sınır değerleri arasındadır. Bu durum bitki sağlığı açısından oldukça faydalıdır.

Potasyum (K): Genotipe ait değer %1.288'tir. Bu değer yüksek düzeydedir ve bitki sağlığı açısından oldukça faydalıdır.

Kalsiyum (Ca): Genotipe ait değer %0.976'tir. Kalsiyum seviyesi referans sınır değerleri arasında ve bitki gelişimini destekler.

Tablo 4: Sultaniye Parkı'ndaki Sivri Meyveli Dişbudak (*F. angustifolia*) anıt ağacının yapraklarında tespit edilen besin maddeleri

Besin maddeleri	Genotip 1	Referans Değerler
Azot (%)	3.971	2.0 - 3.5
Fosfor (%)	0.205	0.1 - 0.3
Potasyum (%)	1.288	0.5 - 1.5
Kalsiyum (%)	0.976	0.5 - 2.0
Magnezyum (%)	0.264	0.15 - 0.5
Demir (mg.kg ⁻¹)	61.17	50 - 250
Mangan (Mg.kg ⁻¹)	18.08	20 - 200
Çinko (mg.kg ⁻¹)	20.45	15 - 50
Bakır (mg.kg ⁻¹)	1.135	5 - 20

Magnezyum (Mg): Genotipe ait değer %0.264'tir. Magnezyum seviyesi referans sınır değerleri arasında ve fotosentezi destekler.

Demir (Fe): Genotipe ait değer 61.17 mg.kg⁻¹'tir. Bu değer yeterli düzeydedir, ancak optimum seviyelere göre biraz düşük kabul edilebilir. Demir eksikliği belirtileri için düzenli gözlem yapılmalıdır.

Mangan (Mn): Genotipe ait değer 18.08 mg.kg⁻¹'tir. Mangan içeriği referans sınır değerleri arasında olup bitki sağlığı için ve bitkideki stres enzimlerinin problemsiz çalışmaları için uygun düzeyde olduğu düşünülmektedir.

Çinko (Zn): Genotipe ait değer 20.45 mg.kg⁻¹'tir. Çinko seviyesi referans sınır değerleri arasında olup bitki gelişimini desteklemektedir.

Bakır (Cu): Genotipe ait değer 1.135 mg.kg⁻¹'tir. Bakır seviyesi referans sınır değerlerinin aşağısındadır. Eksiklik belirtileri gösteren ağaçlar için bakır içerikli gübre takviyesi yapılabilir.

Genel Değerlendirme

Azot, fosfor ve potasyum seviyeleri oldukça yüksektir ve bitkinin ihtiyaçlarını fazlasıyla karşılamaktadır. Kalsiyum ve magnezyum seviyeleri de yeterli düzeydedir ve genel bitki sağlığını desteklemektedir. Çinko ve mangan değerleri iyi seviyededir. Ancak demir ve özellikle bakır seviyeleri optimum düzeyin altındadır. Bu durum uzun vadede besin eksikliği belirtilerine yol açabilir.

5.1.4. Fıstık Çamı (*Pinus pinea* L.)'nın beslenme durumu

Beykoz Korusu ve Hidiv Kasrı Korusu'ndaki anıt Fıstık Çamı (*P. pinea*) ağaçlarının yapraklarında tespit edilen besin maddeleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: Beykoz Korusu ve Hidiv Kasrı Korusu'ndaki Fıstık Çamı (*P. pinea* L.) ağaçlarının yapraklarında tespit edilen besin maddeleri

Besin maddeleri	Genotip 1 (Beykoz Korusu)	Genotip 2 (Hidiv Kasrı Korusu)	Referans Değerler
Azot (%)	1.227	1.215	1.5 - 2.5
Fosfor (%)	0.078	0.052	0.1 - 0.3
Potasyum (%)	0.363	0.261	0.5 - 1.5
Kalsiyum (%)	0.442	0.585	0.5 - 2.0
Magnezyum (%)	0.302	0.3	0.15 - 0.5
Demir (mg.kg ⁻¹)	314.5	109.9	50 - 250
Mangan (mg.kg ⁻¹)	19.81	28.18	20 - 200
Çinko (mg.kg ⁻¹)	21.74	9.936	15 - 50
Bakır (mg.kg ⁻¹)	7.016	3.914	5 - 20

Türün beslenme durumu ve olası eksiklikler aşağıda değerlendirilmiştir:

Azot (N): İki genotipe ait azot değerleri %1.215-%1.227 arasında olup referans sınır değerlerinden düşük seviyelerde oldukları belirlenmiştir. .

Fosfor (P): Değerler %0.052-%0.078 arasında olup referans sınır değerlerinden düşük oldukları seviyelerde belirlenmiştir.

Potasyum (K): Değerler %0.261-%0.363 arasında olup referans sınır değerlerinden düşük seviyelerde oldukları belirlenmiştir.

Kalsiyum (Ca): Değerler %0.442-%0.585 arasında olup seviyesi referans sınır değerleri arasındadır.

Magnezyum (Mg): Değerler %0.300-%0.302 arasında olup seviyesi referans sınır değerleri arasındadır.

Demir (Fe): Değerler 109.9-314.5 mg.kg⁻¹ arasındadır. Beykoz Korusu'ndaki fıstık çamı (314.5 mg.kg⁻¹), demir açısından zengin topraklarda yetişmektedir. Hidiv Kasrı'ndaki değer (109.9 mg.kg⁻¹) ise eksikliğe yakın bir seviyededir.

Mangan (Mn): Değerler 19.81-28.18 mg.kg⁻¹ arasında olup seviyesi referans sınır değerleri arasındadır. Ancak daha yüksek seviyeler bitki metabolizmasını daha iyi destekleyebilir.

Çinko (Zn): Değerler 9.936-21.74 mg.kg⁻¹ arasındadır. Hidiv Kasrı'ndaki değer (9.936 mg.kg⁻¹) çinko eksikliğini işaret ederken, Beykoz Korusu'ndaki genotipin çinko içeriği (21.74 mg.kg⁻¹) referans sınır değerleri arasındadır.

Bakır (Cu): Değerler 3.914-7.016 mg.kg⁻¹ arasındadır. Beykoz Korusu'ndaki genotipin bakır içeriği (7.016 mg.kg⁻¹) seviyesi referans sınır değerleri arasında iken, Hidiv Kasrı'ndaki genotipin bakır içeriği (3.914 mg.kg⁻¹) olup referans sınır değerlerinden düşük seviyede olduğu belirlenmiştir.

Genel Değerlendirme

Makro besin maddeleri açısından değerlendirme yapıldığında; Fosfor ve potasyum düşük düzeyde tespit edilmiştir. Bu elementlerin takviyesi, özellikle kök gelişimi ve su dengesinin iyileştirilmesi açısından önem taşır. Azot sınır değerlerde olduğundan, organik gübre veya azot içeren gübrelerle

desteklenebilir. Mikro besin maddeleri açısından değerlendirme yapıldığında; Beykoz Korusundaki demir ve çinko seviyeleri Hidiv Kasrına göre daha yüksektir. Hidiv Kasrında bu elementlerin eksikliği giderilmelidir. Hidiv Kasrında mangan ve bakır seviyeleri düşük sınıra yakındır; bu durum, bitki sağlığı açısından izlenmelidir. Beykoz Korusundaki demir ve çinko seviyeleri Hidiv Kasrına göre daha yüksektir. Hidiv Kasrında bu elementlerin eksikliği giderilmelidir. Hidiv Kasrında mangan ve bakır seviyeleri düşük sınıra yakındır; bu durum, bitki sağlığı açısından izlenmelidir.

5.1.5. Saplı Meşe (*Quercus robur* L.)'nin beslenme durumu

Hidiv Kasrı Korusu'ndaki Saplı meşe (*Q. robur*) anıt ağacının yapraklarında tespit edilen besin maddeleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: Hidiv kasrı Korusu'ndaki Saplı meşe (*Q. robur*) ağacının yapraklarında tespit edilen besin maddeleri

Besin maddeleri	Genotip 1	Referans Değerler
Azot (%)	2.423	2.0 - 3.5
Fosfor (%)	0.13	0.1 - 0.3
Potasyum (%)	0.794	0.5 - 1.5
Kalsiyum (%)	1.189	0.5 - 2.0
Magnezyum (%)	0.213	0.15 - 0.5
Demir (mg.kg ⁻¹)	290.4	50 - 250
Mangan (mg.kg ⁻¹)	82.18	20 - 200
Çinko (mg.kg ⁻¹)	36.66	15 - 50
Bakır (mg.kg ⁻¹)	4.747	5 - 20

Türün beslenme durumu ve olası eksiklikler aşağıda değerlendirilmiştir:

Azot (%): Genotipe ait değer %2.423'tür. Azot içeriği referans sınır değerleri arasındadır.

Fosfor (%): Genotipe ait değer %0.13'tür. Bu seviye içeriği referans sınır değerleri arasındadır.

Potasyum (%): Genotipe ait potasyum içeriği %0.794'tür.) referans sınır değerleri arasında olup su dengesi, stomaların işleyişi ve hastalık direnci açısından yeterli olduğu düşünülmektedir.

Kalsiyum (%): Genotipe ait değer %1.189'dur. Referans sınır değerleri arasındadır ve kalsiyum hücre duvarı dayanıklılığını destekler. Ayrıca iyon dengesi ve bitki sağlığı açısından faydalıdır.

Magnezyum (%): Genotipe ait değer %0.213'tür. Referans sınır değerleri arasındadır. Fotosentez için gerekli olan klorofil sentezini desteklemeye yeterlidir, ancak ileride marjinal eksiklik belirtileri görülebilir.

Demir: Genotipe ait değer 290.4 mg.kg⁻¹'dir. Referans sınır değerlerinin oldukça üstünde bir düzeydedir. Burdurum bitkinin metabolizmasını destekler, ayrıca kimi mikro elementlerin (Zn, Cu ve Mn gibi) alınımını engelleyebilir seviyededir.

Mangan: Genotipe ait değer 82.18 mg.kg⁻¹'dir. Bu seviye Referans sınır değerlerinin oldukça üstünde bir düzeydedir ve bitki metabolizmasını olumlu/olumsuz etkileyebilir.

Çinko: Genotipe ait değer 36.66 mg.kg⁻¹'dir. Referans sınır değerleri arasındadır. Çinko hormon üretimi, büyüme düzenleyiciler ile enzim aktivitelerini desteklediği bilinmektedir.

Bakır: Genotipe ait değer 4.747 mg.kg⁻¹'dir. Referans sınır değerleri arasındadır Bakır bitkide fotosentez ile lignin sentezini destekler.

Genel Değerlendirme

Azot, potasyum ve kalsiyum seviyeleri genel olarak yeterli düzeyde olup bitki sağlığını desteklemektedir. Ancak fosfor ve magnezyum seviyeleri biraz düşük kalmaktadır, bu durum ileride eksiklik belirtilerine yol açabilir. Demir, mangan, çinko ve bakır seviyeleri, bitkinin metabolik süreçlerini ve genel sağlığını desteklemek için yeterli düzeydedir. Özellikle demir ve mangan seviyeleri oldukça yüksektir ve bitki metabolizması üzerinde olumlu etkiler sağlar.

6. SONUÇ

Anıt ağaçlar, tarihi, kültürel ve doğal değerleriyle dikkat çeken unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bu ağaçlar, sağlıklı beslendiklerinde çevreye sundukları faydaları daha etkili bir şekilde yerine getirebilirler:

1. Uzun ömür: Uygun beslenme, anıt ağaçların yüzlerce, hatta binlerce yıl hayatta kalmasını sağlar.
2. Hastalık direnci: Sağlıklı bir beslenme, ağaçların hastalıklara ve zararlılara karşı daha dayanıklı hale gelmesini sağlar.
3. Ekolojik denge: Anıt ağaçlar, çevrelerindeki bitki ve hayvan türlerinin sağlıklı kalmasına önemli katkılar sunar.
4. Kültürel ve tarihî değer: Bu ağaçların sağlıklı şekilde korunması, kültürel mirasın sürekliliği açısından hayati önemdedir.

Bu ağaçların sağlıklı kalması için toprak analizi yapılmalı ve ihtiyaçlarına uygun gübreleme ile sulama yöntemleri uygulanmalıdır. Özellikle organik gübrelerin tercih edilmesi ve kimyasal gübrelerin mümkün olduğunca sınırlandırılması önemlidir. Kompost, solucan gübresi ve hayvan gübresi gibi organik seçenekler toprağın yapısını iyileştirerek verimliliği artırır. Malçlama yöntemi ise toprağın nem tutma kapasitesini artırarak anıt ağaçların sağlıklı büyümesine destek olur.

Anıt ağaçların estetik, ekolojik ve tarihî değerlerinin sürdürülebilirliği için uzman desteğiyle düzenli bakım ve koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir. Hızla değişen dünyamızda anıt ağaçlar yalnızca fiziksel varlıklarıyla değil, aynı zamanda taşıdıkları tarihsel ve kültürel anlamlarla da korunmayı hak etmektedir. Doğal yaşam alanlarının daraldığı günümüzde anıt ağaçların doğru beslenmesi ve korunması ekolojik dengenin sürdürülebilirliği ve gelecek nesillere aktarılması açısından büyük bir öneme sahiptir.

Bu çalışmada, İstanbul ili Beykoz ilçesindeki anıt ağaçların beslenme durumları, toprak analizleri ve mikro/makro besin elementleri açısından incelenmiştir. Bulgular, her bir ağacın sağlıklı büyümesi için gerekli besin maddelerinin seviyelerinin değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Çoğu anıt ağacın makro besin elementleri (azot, fosfor, potasyum) açısından yeterli düzeyde beslendiği görülürken, bazı bölgelerde mikro besin elementlerinde (örneğin demir, çinko, bakır) eksiklikler tespit edilmiştir. Oysa, mikro besin elementleri, bitkilerin sağlıklı büyümesi için gerekli olan ancak düşük miktarlarda ihtiyaç duyulan elementlerdir. Bu elementler, bitki fizyolojisi ve metabolizmasında hayati rollere sahiptir. Eksiklikleri veya fazlalıkları, bitkilerde büyüme geriliği, fizyolojik bozukluklar ve zayıflığa açabilir. Bu

durum, bakım ve beslenme stratejilerinin geliştirilmesinin gerekliliğine işaret etmektedir.

Türkiye'de anıt ağaçların korunmasına yönelik çalışmaların artırılması büyük önem taşımaktadır. Kültürel mirasın korunması, yerel toplulukların çevre bilinci ve doğa sevgisiyle doğrudan ilişkilidir. Anıt ağaçlar, geçmişin bir yansıması olarak geleceğe ışık tutan doğal köprülerdir. Bu ağaçların uzun ömürlü kalabilmesi, yalnızca biyolojik ihtiyaçlarının karşılanmasıyla değil, çevresel tehditlere karşı korunmalarıyla da mümkündür.

Ekolojik dengeyi tehdit eden çevresel faktörler, anıt ağaçların sağlığını olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, bu tehditlerle başa çıkmak için toprak iyileştirme çalışmaları yapılmalı ve eksik besin maddelerinin organik gübrelerle tamamlanması sağlanmalıdır. Ayrıca, toprağın nem tutma kapasitesini artıran malçlama gibi yöntemlerin uygulanması, bu ağaçların sağlıklı büyümesine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, anıt ağaçlar doğanın ve kültürün sembelleri olarak korunmayı hak etmektedir. Bu değerli miras, ancak etkin bir koruma stratejisi, düzenli izleme ve bakım çalışmalarıyla sürdürülebilir hale getirilebilir. Gelecek nesillere aktarılacak bu miras, uzun vadeli bir bakış açısı ve uzmanlık gerektiren bakımla korunabilir. Bu çalışmanın, İstanbul'daki anıt ağaçların bakımı ve korunmasına katkı sağlayacağı ve bu alandaki bilimsel literatüre değerli bilgiler sunacağı düşünülmektedir.

Anıt ağaçlar hem kültürel hem de ekolojik açıdan büyük öneme sahiptir ve bu nedenle yüksek standartlarda bakım gerektirir. Deneyimsiz veya yetersiz ağaç yönetimi, bu değerli ağaçlara ciddi zararlar verebilir. Anıt ağaçların korunması sadece çevresel bir görev değil, aynı zamanda kültürel bir sorumluluktur. Bu bilinçle hareket edilmesi, doğa ile uyumlu kentler oluşturulmasına ve kültürel mirasımızın gelecek kuşaklara aktarılmasına önemli bir katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Alp, Ş. (2016). Biyolojik Zenginliğimizin Önemli Bir Sığınağı Köy Mezarlıkları. *YYÜ Tar Bil Dergisi*, 26(1): 118-12
- Alp, Ş. (2017). Anıt Ağaçlar, *Bağbahçe Dergisi*, 71, 18-20.
- Asan, Ü. (1992). Anıt ağaçların birey ve toplum psikolojisi üzerindeki etkileri. *Yeşil Çerçeve Dergisi*, 18, 18-19.
- Asan, Ü. (2010a). Boğaziçi'nde yaşayan tarih: Zamana tanıklık eden anıt ağaçlar İstanbul Büyükşehir Bel., İstanbul Ağaç ve Peyzaj Yayınları.
- Asan, Ü. (2010b). İstanbul'un doğal mirası anıt ağaçlar, İBB. Kültür Yayınları.
- Atasoy N. (2005). 15. yüzyıldan 20. yüzyıla Osmanlı bahçeleri ve hasbahçeler. İstanbul Efe, R., Soykan A., Sönmez S., & Cürebal İ. (2010). Edremit'in anıtsal ve korunmaya değer ağaçları. *Edremit Belediyesi Kültür Yayınları* No:5, 137-155.
- Kacar, B., & İnal A. (2008) Bitki analizleri. Nobel Yayınları, Ankara
- Kacar, B. (2009). Toprak analizleri, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kacar, B. (1972). Bitki analizleri. Ankara Üni. Zir. Fak. Yay. 453. Uygulama Kılavuzu. Ank. Üni. Basımevi, Ankara (155) s.
- Lonsdale, D. (2013). Ancient and other veteran trees: Further guidance on management. The Tree Council, London.
- Mengel, K., Kirkby, E.A. (2001). Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 849 s.
- Palabaş, S., Uzun, A., Terzioğlu, S., & Anşin, R. (2005). Trabzon ilinin korunan doğal alanları ve bitkisel tür zenginliği. *Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu*, Poster Bildiri Kitabı, 63-65, Isparta, Türkiye
- Puskulcu, G., & A. Aksalman. (19889). Zeytinde yaprak-toprak örneklerinin alınma prensipleri ve gübre tavsiyeleri. *Zeytincilik Aras. Enst. Yay. No: 44(14)*, Bornova-İzmir.
- Yörüklü, N. (1997). Bursa ve yakın çevresindeki anıt ağaçların saptanması ve koruma olanaklarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

BÖLÜM 10

TARLA BİTKİLERİNDE KALİTEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Prof. Dr. Rüveyde TUNÇTÜRK^{1*}

Zir. Yük. Müh. Berrin ATSAK²

Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK^{3*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14276694>

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Van, Türkiye
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3759-8232>

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Van, Türkiye
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3405-1941>

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Van, Türkiye
ORCID ID: <https://orcid.org/0002-7995-0599>

*sorumlu yazar: ruveydetun Turk@yyu.edu.tr

1. GİRİŞ

Bitkilerin kalitesi, genetik, çevresel ve kültürel faktörlerin etkileşimi sonucu şekillenir. Genetik yapı, bitkinin temel biyolojik potansiyelini belirlerken; toprak yapısı, iklim, su kaynakları ve sıcaklık gibi çevresel koşullar, bitkisel metabolitlerinin miktarını ve dağılımını doğrudan etkiler. Bunun yanı sıra, gübreleme, sulama ve ilaçlama gibi tarımsal uygulamalar, bitki sağlığı ve verimi üzerinde kritik bir rol oynar. Hasat zamanı, kurutma ve depolama yöntemleri gibi hasat sonrası uygulamalar da ürünün etkin madde içeriğini ve kalitesini etkileyebilir. Tüm bu süreçlerin bilinçli bir şekilde yönetilmesi, hem bitkisel ürünlerde kalite sürekliliği hem de tüketici beklentilerinin karşılanması için önem taşır (Marschner vd., 2012; Buchan vd., 2015; Kaushal vd., 2016).

2. KALİTE NEDİR?

Kalite, bitkiler ve hayvanlar da dahil olmak üzere çevrenin sağlığı, o çevrede yaşayan insanların sağlık, rahatlık ve psikolojik durumu gibi faktörlerin bir göstergesidir. Bitkilerin kalite durumunu etkileyen pek çok önemli faktör bulunmaktadır. Bitkisel preparatlar ile kimyasal olarak sentezlenen ürünler arasında bazı farklılıklar bulunsa da, her ikisi için de temel kalite gereklilikleri aynıdır. Bu gereklilikler; kimlik doğrulama, saflık, içerik analizi, iyi üretim uygulamaları ve etiketleme standartlarını içerir. Ancak bitkisel ürünlerde, bitkinin menşei, büyüme dönemi, hasat zamanı, kurutma ve depolama koşulları gibi faktörler büyük önem taşır. Üretimin başlangıcında bitkinin kimliğinin doğru bir şekilde tespit edilmesi kritik bir aşamadır. Bitkisel kaynaklı ürünlerin kalitesi, yalnızca başlangıç materyallerinin titizlikle ve ayrıntılı bir şekilde tanımlanmasıyla sağlanabilir. Örneğin, bir bitki cinsi içerisindeki türler botanik açıdan birbirine oldukça benzeyebilir. *Hypericum* (sarı kantaron) cinsi, Türkiye’de 84 farklı türe sahiptir (Busse vd., 2000). Haşhaş (*Papaver somniferum L.*) bitkisi morfin, kodein ve papaverin gibi alkaloidler içerirken, gelincik (*Papaver rhoeas L.*) bitkisinin çiçekleri bu alkaloidleri barındırmaz. Gelincik çiçeklerinde ise farklı yapıda olan roedin (rheadine) ve benzeri alkaloidler bulunur. Türkiye’de 108 taksonla temsil edilen *Salvia* (adaçayı) cinsine ait bir tür olan tıbbi adaçayının uçucu yağında α -tuyon oranının yüksek olması beklenirken, Anadolu adaçayında 1,8-sineol

oranının yüksek olduğu belirlenmiştir (Kaçar vd., 2005; Tunçtürk vd., 2022). Benzer şekilde, kimyasal içerik, bitkinin kimyasal ırkına göre değişiklik gösterebilir. Örneğin, tatlı badem siyanoglikozitler içermezken, acı badem siyanogenetik glikozitler içerdiği için toksiktir. ABD’de, *Plantago* yapraklarının görünüm itibarıyla benzerliği nedeniyle *Digitalis lanata* ile karıştırılması sonucunda zehirlenme vakaları bildirilmiştir. Bu durum, bitkilerin doğru bir şekilde tanımlanmasının hayati önemini ortaya koymaktadır. Bu nedenle kullanılacak bitkilerin uzman kişilerce toplanması ve tanımlanması şarttır (Oh vd., 2018). Bitkisel ilaçlarda kalite ve standardizasyon, bitkinin yetiştirilme süreciyle başlar. Bitkilerdeki organik bileşiklerin düzeyleri, genetik, coğrafi, çevresel ve tarımsal faktörler ile üretim teknolojisine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Büyüme döneminde maruz kalınan biyotik veya abiyotik stresler, bitkilerin metabolit profillerini etkileyebilir (Slifman vd., 1998). Ayrıca, bitkilerin çevresindeki toksik iyonları tolere edebilme kapasiteleri nedeniyle ağır metalleri dokularında biriktirme potansiyelleri de bulunmaktadır. Bu faktörler, bitki kalitesinin belirlenmesinde önemli rol oynar (Korkmaz vd., 2017). Toprağın ağır metallerle kirlenmesi, tekrar tekrar kullanılan kadmiyum ve kurşun içeren gübreler nedeniyle ortaya çıkabilir (Kabala vd., 2001). Bu tür kirlilik, bitkilerde ikincil metabolit tepkimelerine yol açabilir; örneğin, kronik stres öjenol üretimini tetikleyebilir (He vd., 2004). Murc vd. (2003)’nın, yaptığı bir çalışmada, *Hypericum perforatum* bitkisinin nikel varlığında hiperforin ve hiperisin konsantrasyonlarında %15-20 oranında azalma olduğunu rapor etmişlerdir (Rai vd., 2005). Bitkilerin yetiştirilme sürecinde kullanılan tarım ilaçları nedeniyle pestisit kalıntıları taşıyıp taşımadıkları da mutlaka tespit edilmelidir. Son araştırmalara göre, pestisitlerin olumsuz etkileri sadece aktif bileşenlerine ve metabolitlerine değil, aynı zamanda tarım ürünlerinin formülasyonunda yer alan yüzey aktif maddeler gibi katkı maddelerine de atfedilmektedir. Bunun yanı sıra, sanayi atıklarının bulunduğu çevrede yetişen ya da yol kenarlarından toplanan bitkiler, egzoz gazları ve ağır metaller açısından değerlendirilmelidir ve sınır değerlerin altında kalması sağlanmalıdır (Murch vd., 2003).

Ağır metal içeriklerine ilişkin kabul edilen sınırlar ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Örneğin, Almanya’da kurşun için sınır değer 5 ppm, kadmiyum için 0.2 ppm ve civa için 0.1 ppm olarak belirlenmiştir. Amerika Birleşik Devletleri Farmakopesi ise, bitkisel ekstraktlerdeki toplam ağır metal

içeriği için 20 ppm'lik bir sınır değeri kabul etmektedir. Bu farklılıklar, bitkisel ürünlerin yetiştirilmesi ve kullanımında uluslararası standartların önemini vurgulamaktadır (Steinhoff vd., 1997). Bitkinin yetiştirildiği iklim, nem, yağış miktarı ve güneşe maruz kalma süresi, içerik ve kalite açısından büyük önem taşır. Örneğin, sıcak iklimlerde yetişen bitkilerin uçucu yağ içeriği, serin bölgelerde yetişenlere göre daha yoğundur (Ceylan, 1997). Eğer bitkinin etkisi uçucu yağ bileşenlerine dayanıyorsa, bu tür bileşenlerin yoğun olduğu iklim bölgelerinden toplanması daha uygundur. Örneğin, *Salvia* türleri Akdeniz Bölgesi'nde toplanan örneklerde, Karadeniz Bölgesi'ndekilere kıyasla daha yüksek uçucu yağ içeriğine sahiptir. *Origanum syriacum* L. türünün Van ekolojik koşullarındaki uçucu yağ oranı %5.29 iken Çukurova koşullarında %6.16 olarak belirlenmiştir. Bu nedenle bitkinin menşei, yalnızca içerik açısından değil, aynı zamanda geriye dönük izlenebilirlik için de kritik bir öneme sahiptir. Toplanan bitkilerin işlenme şekli ve saklama koşulları da kaliteyi etkileyen temel faktörler arasındadır (Özgüven vd., 2006; Katar vd., 2019; Nohutçu vd., 2024).

Kurutma sırasında kullanılan ısının seviyesi, fenolik bileşikler başta olmak üzere bitkilerin etkili bileşenlerinin korunması açısından büyük önem taşır. Yüksek sıcaklık, etkili bileşenlerin uçmasına, bozulmasına veya etkisiz hale gelmesine yol açabilir. Özellikle heterozit tip bileşenler, ortamdaki nemin etkisiyle enzimatik hidrolize uğrayabilir. Aynı şekilde, uçucu bileşenler de yüksek sıcaklık veya nem nedeniyle kaybolabilir. Uzun süreli depolamada da benzer riskler bulunmaktadır. Ortamdaki nem, enzimlerin aktif hale gelmesine neden olarak hidroliz ve moleküler parçalanma gibi reaksiyonlara yol açabilmektedir. Bu durum, etkili bileşenlerin yapısal değişime uğramasına ve etkisiz hale gelmesine neden olabilir. Ayrıca, depolama sırasında da fungal ve bakteriyel üreme riski devam edebilmektedir. Bu nedenle, hem kurutma hem de depolama süreçlerinde uygun nem ve sıcaklık kontrolü sağlanmalı, mikrobiyal kontaminasyonu önlemek için steril koşullar oluşturulmalıdır (Kamiloglu ve Çapanoğlu, 2015).

3. STANDARDİZASYON

Standardizasyon, bitkisel drog preparatlarının kalitesinin sürekliliğini sağlamak için gerekli olan tüm ölçüm ve kontrol süreçlerini kapsar. Üretim sürecinde gerçekleştirilen ölçümler ve tekrarlanabilir kaliteyi sağlamak amacıyla yapılan kalite kontrolleri standardizasyonun temelini oluşturur. Kalite kontrol yöntemlerinin uygulanması sonucu bitkisel drogdan elde edilen ekstrenin spesifikasyonlara uygun bir şekilde piyasaya sunulması, standardizasyon sürecinin başarıyla tamamlandığını gösterir. Bu nedenle, standardizasyon fitoterapinin vazgeçilmez bir koşuludur. Standardizasyon, bitkisel drogdan elde edilen bir ürünün, bir referans madde üzerinden veya etkisi bilinen bir madde ya da madde grubu baz alınarak yardımcı maddeler, bitkisel drog ya da ürünle karıştırılıp ayarlanması işlemidir (Gaedcke ve Steinhoff, 2003). Bu süreç, ürünü hem kalite açısından hem de belirli spesifikasyonlara uygun hale getirir.

Tüketiciler veya farklı meslek gruplarının tarla ürünlerinde talep ettiği özellikler birbirinden oldukça farklılık gösterebilir. Tarla ürünlerinde standardizasyonun amacı, bu farklı grupların ihtiyaçlarına uygun, bir örneklikte ürün sunabilmektir. Ürünün standart hale getirilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlar; ürünün fiziksel ve kimyasal özellikleri, etkin madde konsantrasyonları, üretim ve depolama koşullarının stabilite üzerindeki etkileri, ürünün kullanım amacı ve hedeflenen kalite kriterleri olarak sıralanabilir (Gaedcke ve Steinhoff, 2003).

3.1. Standardizasyonun Tanımı

Bitkisel ürünlerin üretiminde genetik yapı (çeşit), çevresel faktörler ve kültürel uygulamalar, ürün kalitesini doğrudan etkileyen temel unsurlardır. Bu faktörlerin etkisiyle, aynı bitki çeşidi farklı ekolojik koşullarda yetiştirildiğinde kalite farklılıkları gözlenebileceği gibi, aynı bitki üzerinde bulunan farklı bölümlerde de kalite farklılıkları oluşabilir. Bu nedenle, tüketicilere aynı ambalaj veya etiket altında standart bir ürün sunabilmek için, ürünlerin kalite ve boyutlarına göre ayrılması gerekmektedir. Bu işlem, standardizasyon olarak adlandırılır. Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı (ISO) tarafından yapılan tanımlamalara göre, standardizasyon; ürünlerin, hizmetlerin ya da süreçlerin

belirli bir amaca uygunluk sağlaması ve bu uygunluğun tekrarlanabilir olması için belirli kurallara, kılavuzlara ve özelliklere dayalı olarak düzenlenmesi sürecidir. Standardizasyon, hem kalite güvencesini artırır hem de ürünlerin ulusal ve uluslararası pazarlarda rekabet edebilirliğini sağlar. Bitkisel ürünlerde ise bu süreç, içerik, etkinlik, saflık ve diğer kalite parametrelerinin belirlenip kontrol edilmesiyle mümkün hale gelir. Daha geniş bir ifadeyle standart, üzerinde mutabakata varılmış, yetkili bir kuruluş tarafından kabul edilip onaylanmış, mevcut koşullarda en uygun düzenin kurulmasını amaçlayan, ürünlerin özellikleri, işleme ve üretim yöntemleri, terminoloji, semboller, ambalajlama, işaretleme, etiketleme ve uygunluk değerlendirme gibi konuları düzenleyen ve genellikle isteğe bağlı olan bir düzenlemedir. Onaylanmış kuruluşlar ise test, muayene veya belgelendirme hizmeti sunan, yetkili kuruluşlar tarafından teknik düzenlemelere uygunluk değerlendirmesi yapmak üzere yetkilendirilmiş kamu veya özel kuruluşlardır. Tarımsal ürünler, başlangıçta yalnızca yerel bölgelerde tüketilirken, uzun ömürlü olmaları ve beslenme açısından önemli olmaları nedeniyle yüzyıllardır depolanmış veya uzak mesafelere taşınmıştır. Bu nedenle, uluslararası ve ulusal pazarlarda geçerli standartlar, ürüne, ürün grubuna veya taşıma ve depolama süreçlerine yönelik olarak hazırlanmıştır. Günümüzde tarım ve gıda ürünleri ticaret hacminin yıllık yaklaşık 200 milyar doları bulduğu bildirilmektedir (Kader vd., 2002).

3.2. Standardizasyon ve Kalite İlişkileri

Standardizasyon ve **kalite**, birbirine bağlı ancak farklı kavramlardır. Kalite, bir ürünün kullanım amacına uygunluğu ya da üstünlüğü ile tanımlanır. Bir tarla ürününün değeri, tüketime uygunluğu ile ilişkilidir. Kalite, genellikle **iç** ve **dış** özellikler olarak iki ana grupta incelenir:

İç kalite özellikleri: Ürünün tüketim sırasında ortaya çıkan duyu özellikleridir (örneğin tat, aroma, doku).

Dış kalite özellikleri: Ürünün görsel olarak algılanan özellikleridir. Tüketici ürünü öncelikle gözle değerlendirir ve kaliteyi genellikle dış görünüşle ilişkilendirir.

Bir tarım ürününün kalite unsurları, standardizasyon süreçlerinin bir parçasıdır. Üreticilerin temel amacı, tüketicinin beklentilerine uygun, yüksek kaliteli ve ekonomik ürünler üretmektir. Tüketicilerin bilinç düzeyinin artması, üreticileri standartlara uygun üretim yapmaya teşvik etmiş ve bu durum tarla ürünlerini de kapsar hale gelmiştir (Kader vd., 2002; ISO 2024).

4. BİTKİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KALİTEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Bitkisel ürünlerin kalitesi, çevresel ve genetik faktörlerin ortak etkisine bağlıdır. Özellikle iklim, bitki türlerinin özelliklerini ve yayılım alanlarını belirleyen en temel ekolojik faktörlerden birisidir.

4.1. İklim

İklim elemanları (sıcaklık, nem, yağış, rüzgâr ve ışık) bir bölgenin bitki örtüsünün şekillenmesinde ve tarımsal ürünlerin kalitesinde önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, tohum üretimi için orta yağışlı bölgeler, aşırı yağışlı ve nemli bölgelere göre daha uygundur. Bitkilerin çoğu, çiçeklenme ve tozlanma dönemlerinde güneşli ve kuru havalara ihtiyaç duymaktadır. Nemli ve güneşsiz ortamlar, tozlanmayı zorlaştırır ve bu durum tohum bağlama oranını düşürmektedir. Çiçeklenme sırasında aşırı sıcaklık ve nem, çiçek tozlarının işlevselliğini azaltarak üretimi olumsuz etkileyebilmekte ve bazı bitkilerde, az çiçek tozu üretimi bu durumu daha da kritik hale getirebilmektedir. Örneğin; Mısır, buğday ve yulaf gibi bitkiler çok sayıda çiçek tozu üretirken, domates ve karpuz daha az çiçek tozu üretir. Çiçeklenme dönemindeki aşırı sıcaklıklar, baklagiller ve meyve ağaçlarında meyve bağlamayı önemli ölçüde azaltabilir (Günel, 2013).

4.1.1.Sıcaklık

Bitkilerde sıcaklık gereksinimi ve vernalizasyon (soğuklama ihtiyacı), genetik özelliklerle kontrol edilir. Genellikle uzun gün bitkilerinde sıcaklık isteği düşük, vernalizasyon isteği yüksektir. Kısa gün bitkilerinde ise sıcaklık isteği yüksek, vernalizasyon isteği düşüktür. Aşırı yüksek ya da düşük sıcaklıklar, çiçek tozlarında anormalliklere yol açarak kısırlığı artırabilmektedir. Ilıman bölgelerinde düşük sıcaklıklar, tohum üretiminde

olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Örneğin: *Brassica spp.*). Erken dönem düşük sıcaklıkları, olgunlaşmamış tohum oluşumuna yol açarak tohum kalitesini ve çimlenme oranını düşürür. Yüksek sıcaklık, her zaman faydalı olmayabilir ve olgunlaşmamış çiçek ya da zayıf tohum oluşumuna neden olabilir. Sonuç olarak, bitkisel üretimde sıcaklık ve diğer iklim faktörlerinin doğru yönetimi, ürün kalitesinin ve verimliliğinin artırılmasında kritik öneme sahiptir. Yazları aşırı sıcak, kışları ise çok soğuk olan bölgeler genellikle tohumluk üretimi için uygun değildir. Soğuk hava, bitkilerin vejetatif gelişimini yavaşlatırken; aşırı sıcak, generatif gelişimin erken başlamasına neden olur. Bu durumda, tohumlar yeterince büyümeden olgunlaşır ve sonuç olarak tohumluk ürünün verimliliği ile kalitesi düşer. Ayrıca, bitkilerin normal büyüme ve gelişim süreçlerini tamamlamaları için ihtiyaç duydukları "Toplam Sıcaklık Miktarı" da türlere göre farklılık gösterir. Toplam sıcaklık miktarı, bitkinin çiçeklenme ve olgunlaşma dönemleri arasındaki günlerin ortalama sıcaklıklarının toplamıyla hesaplanmaktadır (Song vd., 2016).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin ürettikleri sekonder metabolitler bitkinin yetiştiği ortam (çevre) koşullarına bağlı olarak büyük değişkenlikler göstermektedir. Örneğin, sarı kantaron (*Hypericum perforatum*) popülasyonlarının hipersin içerikleri İzmir-Bornova lokasyonunda %0.109-0.313 arasında (ortalama %0.246), Aydın-Çakmar lokasyonunda ise %0.088-0.269 arasında (ortalama %0.213) varyasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Sıcak ve kurak bölgelerde yetişen tıbbi ve aromatik bitkilerin alkaloid ve uçucu yağ içerikleri serin ve yağışlı bölgelerde yetişenlere göre daha yüksektir. Haşhaş (*Papaver somniferum*) bitkisinde sıcak ve kurak geçen günlerde toplam alkaloid miktarında artışlar morfin miktarında azalışlar gözlenmiştir (Baydar, 2013).

4.1.2. Tohum Nemi ve Yağış

Hava nemi, güneşten gelen ve topraktan yansıyan ışınların büyük bir kısmını tutarak, yeryüzünün aşırı ısınmasını ya da soğumasını önler. Ancak havanın nispi nemi azaldığında, bitkilerde terleme artar. Bu durum, bitki hücrelerindeki turgor basıncının düşmesine yol açar. Turgor basıncının dengede kalabilmesi için çevredeki havanın nispi nem oranının %65'in altına düşmemesi gerekir. Eğer nem oranı sürekli düşük kalırsa, terleme artışı köklerden alınan suyun yetersiz kalmasına neden olur ve bu durumda bitki,

stomalarını kapatarak terlemeyi azaltmaya çalışır. Ancak bu, fotosentez ve solunum için gerekli gaz alışverişini de olumsuz etkiler ve büyüme ya yavaşlar ya da tamamen durur. Havanın nispi nem oranı, ürünlerin depolanması açısından da büyük önem taşır. Depolama sırasında nem oranı yükselirse, ürünlerin su miktarı artar ve bu da kızılaşma, bozulma ve çürüme gibi sorunlara yol açarak ürün kaybına neden olur. Özellikle sis, kurak bölgelerde yaşayan bitkiler için hayati bir öneme sahiptir. Çöllerde yağmur yıllarca yağmasa bile bazı bitkiler havadaki sis sayesinde hayatta kalabilir. Ancak, aşırı nem ya da sürekli sisli ve bulutlu hava, mantarların hızla yayılmasına neden olur ve bu durum, nemli bölgelerde bitkisel üretimin azalmasına yol açabilir (Sternberg vd., 2010).

Aşırı yağış, tozlanma sürecinde çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Bu sorunlar arasında hastalıkların yayılması, tohum olgunlaşmasının gecikmesi, bazı bitkilerde başakta ön çimlenme görülmesi ve hasadın zorlaşması sayılabilir. Öte yandan, yağışın yetersiz olduğu bölgelerde tohum tutma oranı da ciddi şekilde azalmaktadır. Bu tür bölgelerde, kök sistemi güçlü, kurağa dayanıklı yağ bitkileri, yemeklik dane baklagiller ve bazı yem bitkilerinin tohumluk üretimi daha uygundur. Yağışın dolu şeklinde gerçekleşmesi ise çiçeklenme ve tohum bağlama süreçlerini büyük ölçüde olumsuz etkiler. Tarımsal açıdan yıllık yağış miktarından çok, bu yağışların mevsimsel ve aylık dağılımı önem taşımaktadır. Örneğin, Orta Anadolu'da yağışlar genellikle ilkbahar aylarına, özellikle Mayıs ayına yoğunlaşır. Bu nedenle, Mayıs yağışları birim alandan alınacak ürün miktarı üzerinde belirleyici bir faktördür. Buna karşılık, Doğu Anadolu'da yağışlar yıl boyunca daha dengeli bir şekilde dağılır. Bu farklılık nedeniyle Orta Anadolu'da kışlık ürün yetiştiriciliği yaygınken, Doğu Anadolu'da yazlık ürün yetiştiriciliği ön plandadır (Karaca vd., 2012; Taiz vd., 2015).

4.1.3. Rüzgar ve Basınç

Basınç farklarından kaynaklanan hava hareketleri rüzgar olarak adlandırılır. Rüzgarın kurutucu etkisinden korunmak isteyen bitkiler, stomalarını kapatır. Ancak bu, gaz alışverişini (fotosentez ve solunum) yavaşlatır. Aynı zamanda, rüzgar bitki çevresindeki karbondioksit (CO₂) dengesini etkiler; CO₂ açısından zengin hava uzaklaşırken yerine CO₂ oranı

düşük hava gelir. Bu durum, fotosentez hızını ve dolayısıyla bitki büyümesini yavaşlatır, hatta cüceleşmeye yol açabilir. Rüzgarlı alanlarda yetişen bitkiler genellikle daha kısa boylu olurken, ağaçlar yıllar geçtikçe çalimsı bir yapı kazanabilir. Ayrıca, uzun boylu ağaçlar rüzgarın esiş yönüne eğilim gösterir. Rüzgarın bu olumsuz etkileri, tohumculuk yapılacak bölgelerde mutlaka dikkate alınmalıdır. Ancak rüzgarın olumlu etkileri de vardır. Örneğin, mısır, ıspanak ve şeker pancarı gibi rüzgarla tozlanan bitkiler, hafif rüzgarlı ve güneşli ortamlarda daha iyi tozlanmaktadır. Rüzgar, aynı zamanda bitki örtüsünün alt katmanlarında karbondioksit dengesini sağlamakta ve fotosentez hızını korumaktadır (Jones vd., 2014; Bonan vd., 2015; Taiz vd., 2015).

Bununla birlikte, rüzgarın olumsuz yönleri de göz ardı edilmemelidir. Rüzgar, buharlaşma ve terlemeyi artırarak bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir. Özellikle sıcak rüzgarlar (örneğin, Sam rüzgarları) ortam sıcaklığını yükseltmekte ve oransal nemi düşürerek döllenmeyi zorlaştırmaktadır. Sonuç olarak, başak ve salkımlarda kuruma görülmekte ve tohumlar gelişemez hale gelmektedir. Hızlı esen rüzgarlar (15-20 m/s), çiçek ve tohum bağlamayı engeller, tozlanmayı olumsuz etkiler ve çiçeklerin dökülmesine neden olur. Tohumculuk açısından ideal rüzgar hızı ise 2-5 m/s arasında olmalıdır (Monteith vd., 2013; Taiz vd., 2015).

4.1.4. Işık

Işık, doğal ve yapay olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Doğal ışık, güneşten dünyamıza ulaşan ışıklar iken, yapay ışık çeşitli lambalar yardımıyla elde edilir. Tarım açısından büyük öneme sahip olan güneş ışığı, dünyamıza iki şekilde ulaşmaktadır: bulutsuz bir günde doğrudan gelen ışıklar ve bulutlu ya da sisli günlerde, bulut ve sis tabakalarından süzülerek ulaşan ışıklar. Bitkiler, en çok doğrudan gelen güneş ışığını kullanarak yaşamsal faaliyetlerini sürdürürler. Tarımsal üretimde ışık, tohumun çimlenmesinden hasada ve bitkinin ölümüne kadar tüm aşamalarda etkili bir faktördür. Işığın bitkilere olan temel etkileri; bitkilerin vejetatif büyümesi ve generatif organlarının oluşumu, topraktan besin elementlerinin alımı, fotosentezin tüm aşamalarının gerçekleşmesi, ksilem ve floem dokularında madde taşınımı ve depolanması, stomaların açılıp kapanması, solunum ve terleme gibi hayati süreçlerin devamı şeklinde sıralanabilir. Bununla birlikte, ışığın olumsuz etkileri de görülebilir.

Hassas bitki türlerinde aşırı ışık gövde ve meyve yanıklarına neden olabilmektedir. Bu durum, bitkinin ölümüne yol açabileceği gibi, ürünün pazar değerini düşürüp verimin azalmasına da sebep olabilir (Hopkins vd., 2008; Fitter vd., 2012; Ibrahim vd., 2018)

Işık, bitkilerin morfolojisi, biyolojisi ve fizyolojisi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bitkiler büyüme ve gelişme süreçlerinde belirli evrelerden geçerler. Tarımsal üretimde ışık şiddeti ve süresindeki değişimler, bitkinin vejetatif gelişmeden generatif gelişmeye geçişini sağlamaktadır. Bu geçiş, bitki içindeki hormonların değişmesi ve çiçek tomurcuğu oluşumuna dönüşmesiyle gerçekleşir. Bu süreç, ışık ve sıcaklık gibi çevresel faktörlerin etkisiyle şekillenir. Işığın şiddeti ve süresi, özellikle bitkilerin çiçeklenme süreçlerinde kritik bir öneme sahiptir. Gün uzunluğu, generatif organların gelişimi üzerinde etkili olmakta ve bitki verimini artırabilmektedir. Örneğin, sonbahar döneminde uzun günlerden kısa günlere geçiş çiçeklenmeyi engellerken; ilkbahar döneminde kısa günlerden uzun günlere geçiş çiçeklenmeyi teşvik etmektedir. Bu nedenle, ilkbaharda tarlada çok sayıda çiçek açan bitkiler görmek mümkündür (Hopkins vd., 2008; Fitter vd., 2012; Taiz vd., 2015).

Bitkilerin ışık alma süresi (ışıklanma süresi), organik madde üretimi açısından hayati önem taşırlar. Işıklanma süresi arttıkça fotosentez süresi de uzar ve bitkiler daha fazla besin üretirler. Ancak bitkilerin normal gelişim ve generatif olgunluğa ulaşabilmesi için belirli bir ışıklanma süresine ve karanlık döneme ihtiyaçları bulunmaktadır. Bu duruma *fotoperiyodizm* denir. Generatif olgunluğa erişmek için gerekli olan ışıklanma süresi ise *kritik gün uzunluğu* olarak adlandırılır ve bitki türüne bağlı olarak genellikle 10-14 saat arasında değişir (Jackson vd., 2009).

4.2. Yükseklik

Bitkisel üretimde uygun ekolojik ortamın sağlanması, ürün miktarı ve kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Ekolojik ortamın farklılığı, ekvatora uzaklık, su kütlelerine yakınlık, topoğrafya ve rakım gibi unsurlara bağlı olarak değişmektedir. Yüksek rakımın etkilediği sıcaklık, nem, radyasyon, basınç ve rüzgâr gibi iklim faktörleri, bitkisel üretim üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Rakım arttıkça sıcaklık düşmekte ve bu durum, bitkilerin vejetasyon dönemi ile meyvelerin çiçeklenme süresini uzatmaktadır. Örneğin, her 33 metre yükselme, aynı türdeki meyve ağaçlarının

çiçeklenmesini yaklaşık bir gün geciktirmektedir. Serin iklimlerde yapılan bilimsel araştırmalar, olgunlaşma sürecinin daha yavaş gerçekleştiğini göstermektedir. Bu bölgelerde bitkiler daha fazla yaprak üretilip soğuğa dayanıklılık için eriyebilir şekerler ile proteinler depolarlar. Yüksek rakımda gece sıcaklıklarının düşük olması, bitkilerin gündüz ürettiği fotosentez ürünlerini daha az tüketmesine neden olmaktadır. Bu durum, üretilen karbonhidratların daha fazla depolanmasını sağlamakta ve bu nedenle yüksek rakımlı alanlarda yetiştirilen yem bitkileri, sebzeler ve meyveler, daha yüksek besin ve kalite değerine sahiptir. Ayrıca yüksek rakımın neden olduğu UV ışınlarının artışı, bitkilerde bodurlaşmaya, yaprak alanlarının küçülmesine, yaprakların kalınlaşmasına, tüylenmeye ve koruyucu pigmentler üretilerek daha yoğun renklenmeye yol açmaktadır. UV radyasyonunun bitki hastalıklarını da engellediği belirlenmiştir (Aslantaş ve Karabulut, 2007). Rakımın uçucu yağ oranı ve bileşenleri üzerinde de etkili olduğu belirlenmiştir. Yayla kekiğinde (*Origanum munitiflorum*) rakım artışına bağlı olarak uçucu yağ oranı düşerken, uçucu yağda karvakrol oranı artmıştır. Defne (*Laurus nobilis*) meyvelerinin sabit yağ içeriğinin de güney enlemlerinden kuzey enlemlerine gidildikçe ve düşük rakımdan yüksek rakıma doğru çıktıkça azaldığı rapor edilmiştir (Baydar, 2013).

4.3. Tohum Çeşidi ve Sertifikalı Tohumluk

Bitkisel üretimde verim ve kaliteyi doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biri tohumluktur. Tohum teknolojisi, diğer bitki yetiştirme tekniklerine göre daha az karmaşıklık gösterir ve üretim üzerindeki etkisi oldukça açık ve doğrudandır. Günümüzde ekim alanlarının giderek daralması nedeniyle, üretimi arttırmanın tek yolu, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi tarımsal girdilerin en iyi şekilde bir araya getirilmesidir. Bu girdiler arasında en önemli unsurlardan biri kaliteli tohumluk kullanımudur. Tohumluğun verim artışındaki payı genellikle %25 civarındadır, ancak bu oran bazı durumlarda %40'a kadar çıkabilmektedir. Özellikle mısır ve ayçiçeği gibi yabancı döllen bitkilerde hibrit tohumluk kullanımı ile verim 3-4 kat artırılabilir. Bir çeşidin verim potansiyelini sürekli olarak koruyabilmesi için tohumluğunun belirli aralıklarla yenilenmesi gerekmektedir. Genel anlamda tohumluk, yeni bitkiler elde etmek için kullanılan generatif (tohum, tane vb.) veya vejetatif (yumru, çelik vb.) bitki organlarını ifade etmektedir. Tahıllar, yemeklik baklagiller ve birçok sebze

türünde genetik bilgi, tohum aracılığıyla nesilden nesile taşınırken, patates, meyve ve kesme çiçek gibi bitkilerde bu süreç, anaç bitkiden alınan vejetatif materyalle gerçekleştirilir (Basra vd., 2006; Acquaah vd., 2012; Copeland vd., 2012; Bewley vd., 2013).

Tohumluk geliştirme iki şekilde yapılır; genetik iyileştirme ve bitki ıslahı ile yeni çeşitler geliştirilir. Bu yöntemle yüksek verim, hastalık ve zararlılara dayanıklılık, yüksek ürün kalitesi gibi özellikler elde edilebilir. Fiziksel ve fizyolojik iyileştirme, tohumun iriliği, safiyeti, depolanma koşulları gibi özelliklerin iyileştirilmesini içermektedir. Sertifikalı tohumluk üretiminde en önemli konulardan biri yabancı bitkilerin tarladan uzaklaştırılmasıdır. Bu durum, ürünün kalitesini ve verimini korumak için gereklidir. Temiz ve kaliteli tohumluk kullanımı, uygun bir tohum yatağı hazırlığı ile birleştirildiğinde verim artışı sağlanır. Tarım politikalarının, sertifikalı ve kaliteli tohumluk kullanımını artırmayı hedeflemesi gereklidir. Tohumculuk endüstrisinin, tarımda öncelikli ve katalitik rolünü dikkate almak, etkili bir tarımsal kalkınma stratejisinin temelini oluşturmaktadır (Acquaah vd., 2012; Copeland vd., 2012; Louwaars vd., 2012).

4.4. Bitkide Hastalık ve Zararlı Varlığı

Bitki hastalıkları, zararlı organizmalar ve yabancı otlar, hem bitkisel üretimin verim ve kalitesinde hem de çevre ve insan yaşamında ciddi sorunlara yol açmaktadır. Bu faktörler, doğrudan insan beslenmesi için kullanılan veya yakıt ve endüstri için ham madde olarak değerlendirilen bitkilerin ürün miktarını ve niteliğini düşürmektedir. Ayrıca bitki hastalıkları, parklar ve rekreasyon alanlarında tahribata neden olurken, bazı türlerin yok olmasına yol açarak ekolojik dengeyi de olumsuz etkilemektedirler. Hastalıklar ve zararlılar nedeniyle ortaya çıkan kayıpların tahmin edilmesi zordur. Bu kayıplar, coğrafi bölgeye, mevsim koşullarına, tarımsal uygulamalara ve hastalığın kaynağına göre değişiklik gösterirler. Gelişmiş ülkelerde bitki hastalıklarının yıllık ürün kaybına etkisinin %10-20 arasında olduğu tahmin edilirken, az gelişmiş ülkelerde bu oran çok daha yüksektir. Bazı bitki hastalıkları birçok bitki türünde görülürken, bazıları yalnızca belirli bir türe özgüdür. Ayrıca, birden fazla etmen tarafından oluşturulan kompleks hastalıklar da yaygındır. Bu sınıflandırmalarda dikkate alınan kriterler: Konukçu bitki grupları (hububat, sebze, meyve, yağ bitkileri, tıbbi ve aromatik bitkiler vd. hastalıklar), bitki

türleri (buğday, çay, pamuk vd. hastalıklar), bitkide etkilenen organları veya dokular (yaprak, çiçek, kök, meyve, vasküler vd. hastalıkları), inokulum kaynakları ve yayılma yolları (tohum, toprak, hava kökenli vd. hastalıklar), yaygınlık ve çıkış durumudur (epifitotik, endemik, sporadik hastalıklar). Bir hastalık bir yerde sürekli var ve her yıl ortaya çıkıyorsa endemik, eğer periyodik olarak çok geniş alanlarda ortaya çıkıp, büyük tahribat yapıyor ise epifitotiktir. Sporadik ise sınırlı alanlarda periyodik bir çıkış göstermeyen hastalıklardır (Schumann vd., 2005; Gilligan vd., 2008).

Abiyotik hastalıklar, çevresel stres kaynaklı olup enfeksiyonel değildir. Olumsuz çevresel koşullar (ör. yetersiz veya aşırı su, aşırı sıcaklık, mineral eksiklikleri veya toksisiteler) nedeniyle oluşurlar. Bu hastalıklar genellikle geri dönüşümlüdür; çevresel faktörler iyileştirildiğinde bitki sağlığına kavuşabilir. Biyotik hastalıklar ise canlı organizmalar (parazitler) tarafından oluşturulan enfeksiyonel hastalıklardır. Genellikle geri dönüşümlü değildirler ve hasta bitkiden sağlıklı bitkilere bulaşma yoluyla yayılırlar. Mantarlar, bakteriler, virüsler, nematodlar ve zararlı böcekler biyotik hastalıklara neden olan başlıca etmenlerdir. Bitki hastalıkları ve zararlıların kontrol altına alınması, tarımsal verimliliği artırmak için büyük önem taşırlar. Bu amaçla pestisit kullanımı, biyolojik mücadele yöntemleri ve dayanıklı bitki türlerinin seçimi gibi yöntemler uygulanmaktadır. Ancak pestisitlerin aşırı kullanımı çevre kirliliği ve ekonomik kayıplara neden olabilirler. Bu nedenle, entegre zararlı yönetimi gibi sürdürülebilir yöntemlerin benimsenmesi gereklidir (Mittler vd., 2017; Hasanuzzaman vd., 2018; Schuman vd., 2018; Lucas vd., 2020).

4.4.1. Bazı Bitki Türlerinde Hastalıklar

a. Kanolada karabacak (gövde kanseri) *Phoma Lingam (Tode) Desm.* (=Leptosphaeria Maculans (Desm.) Ces And De Not Ve L. Biglobosa)

Bu hastalığa, iki Leptosphaeria türü (*L. maculans*, *L. biglobosa*) eşeyli dönemi ile neden olmaktadır. *L. maculans* daha virüent bir tür olup ekonomik kayıplara yol açarken, *L. biglobosa* daha düşük virülensiteye sahip olup önemli kayıplara neden olmamaktadır. Hastalık etmeni, tohumla taşınabilmektedir. İlk enfeksiyonlar, bitkinin kotiledonlarında veya rozet yapraklarında görülür. Nemli ve serin ortamlarda, etmenin oluşturduğu lekeler üzerinde, eşeysiz üreme yapısı olan piknitler oluşur. Piknitlerden yayılan piknidiosporlar, yağmur

damlalarının sıçramasıyla bitkiden bitkiye geçer ve sekonder enfeksiyonlara yol açar. Hava akımlarıyla taşınmayan piknidiosporlar, ilk enfeksiyonlarda daha az rol oynar. Hastalık etmeni, toprakta bitki artıkları üzerinde 3 yıl boyunca canlı kalabilir. Hastalığın yayılmasında sıcaklık, nem, yağış ve yaprak ıslaklığı gibi faktörler önemli rol oynamaktadır. Gövde kanserleri, 20-24°C sıcaklıkta ve stres koşulları (böcek, herbisit zararı ya da mekanik hasar) altında hızla gelişirler. Etmen, yapraklar, gövde ve meyveler üzerinde lekeler ve kanserli yaralar oluşturur (Şekil 1). Hastalığın ilk belirtileri, alt yapraklarda gri-yeşil veya kül renginde lekeler olarak görülür. Nemli ve serin koşullarda yapraklar üzerinde küçük siyah piknitler oluşur. Yaprak hastalıkları, iklim koşullarına bağlı olarak bitkinin tüm vejetasyon dönemi boyunca görülebilir. Özellikle fidanlar, erken dönemde hastalığa karşı çok hassastır ve enfeksiyon durumunda ölümler meydana gelir (Anonim, 2024a).



Şekil 1: Karabacak hastalığının gövdedeki belirtisi (Anonim, 2024a).

b. Kekikte külleme *Golovinomyces biocellatus* (Ehrenb. V. P. Heluta)

Kekikteki külleme hastalığı, *Golovinomyces biocellatus* (Ehrenb.V.P. Heluta) adlı fungal etmen tarafından meydana gelir. Fungusun konidiosporları, şeffaf ve silindirik şekildedir. Bu sporlar, kısa zincirler halinde ve her zincirde 2-3 adet olacak şekilde oluşur. Fungus, kışı bitki artıklarında misel ya da kasmotesyum formunda geçirir. Etmen, enfeksiyon oluşturmak için yaprak üzerinde neme ihtiyaç duymaz; ancak özellikle ılık ve kurak koşullarda enfeksiyon daha şiddetli olur. Hastalığın ilk belirtileri alt yapraklarda görülmeye başlar, ancak zamanla gövdede de belirtiler belirebilir. Genellikle

belirtiler, yaprağın üst kısmında yer alır. Başlangıçta, yaprakların üst yüzeyinde, fungusun konidiosporlarından oluşan 2-3 mm çapında küçük, düzensiz şekilli beyaz lekeler görülür. Bu lekeler zamanla genişler ve bitkinin kalitesini düşürür (Şekil 2). Kışın, yaprakların alt yüzeyinde, etmene ait koyu kahverengi veya siyah renkte ve küresel yapıda kasmotesyumlar gözlemlenebilir (Anonim, 2024a).



Şekil 2: *Golovinomyces biocellatus*'un kekik yapraklarındaki belirtisi (Anonim, 2024a).

c. Pamukta Verticillium solgunluğu (Verticillium dahliae Kleb).

Verticillium dahliae, toprak kökenli bir patojen olup vasküler solgunluk hastalığına yol açmaktadır. Bu etmen, kışı toprakta veya hastalıklı bitki kalıntılarında mikrosklerot veya miselyum şeklinde geçirir ve 10 yıl kadar uzun bir süre canlı kalabilir. Uygun koşullarda topraktaki sklerotlar çimlenerek konukçu bitkilerin kök uçlarından, kılcal köklerden ve hipokotilden girer. Buradan kök meristemine ulaşarak hücre içi ve hücreler arası gelişim gösterir ve ardından merkezi silindire yönelerek ksileme geçer. Etmen, ksilem içinde misel ve konidi oluşturur ve bu yapılar, ksilem yoluyla bitkinin tepe bölgelerine, yapraklara ve uç tomurcuklara taşınır. Yapılan araştırmalar, hastalık etmeninin tohumu kadar ilerleyebildiğini ancak tohumun hastalığın yayılmasında önemli bir rol oynamadığını göstermektedir. Hastalık genellikle çiçeklenme sonrası ortaya çıkar ve vejetasyon döneminin sonlarına doğru belirtiler şiddetlenir. Hastalığın ilk belirtileri, alt yapraklarda kloroz ve

nekrozlar şeklinde başlayabilir ya da solan yapraklar olarak kendini gösterebilir (Şekil 3) (Anonim, 2024a).



Şekil 3: Pamukta *Verticillium* solgunluğunun yapraktaki belirtisi (Anonim, 2024a).

d. Şeker pancarında *Cercospora* yaprak leke hastalığı *Cercospora beticola* Sacc.

Şeker pancarında yaprak lekesi hastalığına neden olan fungus, *Cercospora beticola* Sacc.'dir. Bu etmen, tohum veya hava yoluyla taşınır. Etmen, önceki üretim sezonundan kalan hastalıklı bitki kalıntılarında, tohumlarda veya sirken, horoz ibiği gibi yabancı otlar ve pancar, ıspanak gibi kültür bitkilerinde pseudostroma (spor taşıyıcı yapılar) veya konidi formunda kışı geçirir. Pseudostromalardan çıkan konidiler, çok hücreli, şeffaf, ipliğimsi ve uca doğru daralan, açık kahverengi renkte olup, nemli koşullarda primer enfeksiyonları başlatır. Konidi üretimi, gündüz sıcaklıklarının ortalama 27-32°C, gece sıcaklığının 17°C ve nemin %90 veya yaprak ıslaklığının 11 saatten fazla sürdüğü koşullarda gerçekleşir. Yaz aylarında, elverişli koşullarda etmenin yaşam döngüsü her 10 günde bir tamamlanır ve konidiler aracılığıyla üretim sezonu boyunca mikro yaşam döngüsü tekrarlanır. Bu şekilde inokulum artar. Sezon sonunda etmen, yeniden pseudostroma oluşturarak kışı geçirir. Hastalığın gelişimi, üretim yılındaki yağış ve sıcaklık koşullarına doğrudan bağlıdır. Şiddetli epidemiler, sıcaklığın 20-35 °C arasında, nispi nemin %95-100 olduğu ve 10-12 saat sürdüğü koşullarda meydana gelir. Enfeksiyon

olduktan 7-10 gün sonra hastalığın ilk belirtileri görülür. İlk belirtiler, yaşlı dış yapraklarda küçük dairesel lekeler şeklinde ortaya çıkar. Bu lekeler, ortada gri-açık kahverengi, çevresinde kırmızı-koyu kahverengi ve belirgin sınırlarla çevrili olup 0.5-6 mm çapında olur. Lekelerin ortasında küçük siyah noktalı stromalar görülebilir (Şekil 4). Hastalık ilerledikçe, lekeler hızla birleşir ve yapraklar tamamen lekelerle kaplanarak kurur ve ölür (Anonim, 2024a).



Şekil 4: Şeker pancarı yaprağında *Cercospora beticola*'nın neden olduğu lekeler (Anonim, 2024a).

e. Patates tozlu uyuzu Spongospora subterranea (Wallr.) Lagerh. f.sp. subterranea Toml.

Etmen, fungus benzeri özelliklere sahip bir organizma olup, yalnızca konakçı üzerinde gelişerek çoğalan obligat bir parazittir. Konakçı bitki ile temas ettiğinde, kök salgılarının etkisiyle topraktaki dinlenme sporlarından zoosporlar serbest bırakılır. Bu zoosporlar, toprak içinde birkaç santimetre hareket edebilecek şekilde su ile taşınır ve konakçı bitki köklerine ulaşır. Zoosporlar genellikle 15°C sıcaklıkta 48 saat boyunca hareket yeteneğini koruyabilir. Dikimden yaklaşık iki hafta sonra, köklerdeki emici tüyler ve epidermal hücreler enfekte edilir ve bu süreçte yeni enfeksiyonları başlatacak sekonder zoosporlar üretilir. Bitkinin büyümesiyle birlikte stolon, yeni gelişen kökler ve yumru gibi organlar da enfekte olur. Bu enfeksiyonlar, hücrelerdeki anormal gelişim sonucu spor toplarının tozlu kütleler halinde birikmesine ve lezyonların oluşmasına neden olur. Hastalığın gelişiminde toprak pH'ından

ziyade serin ve nemli koşullar belirleyici olup, yüksek nem altında yumruda enfeksiyonun ve tozlu yapının oluşumu için optimal sıcaklık yaklaşık 12°C'dir. Enfekte yumru dokuları içinde dinlenme sporlarını barındıran spor topları oluşur. Bu spor topları, yüzlerce sporun bir araya gelmesiyle meydana gelen, petek benzeri yapıya sahip, kahverengi veya sarı kahverengi renkte yapılardır. Hastalıklı bitki dokularının çürümesiyle bu sporlar toprağa karışır ve her biri dinlenme sporuna dönüşür. Enfeksiyon için elverişli olmayan kurak koşullarda dinlenme sporları, toprakta en az beş yıl süreyle canlılığını sürdürebilir. Hastalık etmeni, toprak ve yumru kökenli olup bulaşık yumruların hayvan yemi olarak kullanılması durumunda, hayvanların sindirim sisteminde canlı kalabilir ve gübre yoluyla çevreye yayılabilir. Lezyonların etrafı genellikle patlayarak yırtılan (çoğunlukla yıldız şeklinde) kabuk dokusu ile çevrilidir ve içi beyazımsı kahverengi tozla doludur (Şekil 3). Bazı yumrulara bu siğillerin bir kaçı birleşerek yumru üzerinde 1 cm derine kadar inebilen yaralar oluşturabilir. Çok ıslak toprakta lezyonlar derin ve geniş siğiller şeklinde büyürler. Yumru içi genellikle sağlamdır ancak başka hastalık etmenleri bu açık yaralardan girerek çürüklük yapabilirler (Şekil 5) (Anonim, 2024b).



Şekil 5: Yumruda tozlu lezyonlar (Anonim, 2024b)

4.5. Kuraklık

Kuraklık, meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik olmak üzere dört ana kategoriye ayrılmaktadır. Meteorolojik kuraklık, yağış miktarlarının normal seviyelerinin altına düşmesiyle başlar, ardından tarımsal

ve hidrolojik kuraklık gelişir ve son olarak sosyo-ekonomik kuraklık olarak etkileri daha belirgin hale gelir. Meteorolojik kuraklık, yağış eksikliğine dayalı olup, yağış miktarının uzun bir süre boyunca normal seviyelerinin altında kalması olarak tanımlanır. Tarımsal kuraklık ise, toprakta bitkilerin su ihtiyaçlarını karşılayacak yeterli suyun bulunmaması durumunu ifade etmektedir (Mengü vd., 2011). Hidrolojik kuraklık, su kaynaklarının, özellikle nehirler, göller ve yeraltı su seviyelerinin azalması anlamına gelirken, sosyo-ekonomik kuraklık ise diğer kuraklık türlerinden kaynaklanan ekonomik dengesizlikleri ve olumsuz etkileri kapsamaktadır (Mishra ve Singh, 2010). Kuraklık, farklı disiplinler tarafından farklı şekillerde tanımlandığı için, bu alanda bir tanım karmaşası oluşmuştur. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), kuraklığı, uzun süreli ve kesintisiz yağış azalması olarak tanımlarken; Birleşmiş Milletler Kuraklık ve Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi (UNCCD), kuraklığı, yağışların kaydedilmiş normal seviyelerin altına düşmesiyle ortaya çıkan doğal bir fenomen olarak kabul eder ve bunun, su kaynaklarının üretim sistemleri üzerinde ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açtığını belirtir. Birleşmiş Milletler Dünya Tarım Örgütü (FAO) ise, kuraklık zararını, nem kaybı nedeniyle tarımsal ürünlerin zarar gördüğü yılların yüzdesi olarak tanımlar (Şahin ve Kurnaz, 2014).

Kuraklık stresine karşı bitki türleri, çeşitleri ve hatta organları arasında, fizyolojik ve metabolik değişimler açısından önemli farklar bulunmaktadır (Belkhdja vd., 1994). Genetik farklılıklara bağlı olarak, kuraklık stresine maruz kalma derecesi, genotipin bu stres koşulları altında geliştirdiği metabolik değişimlere, yani fizyolojik ve biyokimyasal tepkilere bağlı olarak farklı şiddetlerde ortaya çıkmaktadır (Kayabaşı, 2011). Bitkilerde kuraklık stresi genellikle su eksikliği ve kuruma olarak iki farklı tipe ayrılmaktadır (Smirnoff, 1993). Su eksikliği, stomaların kapanmasına ve gaz değişimi sürecinde sınırlamaya yol açan orta seviyedeki su kaybıdır ve bu, ilk grup olarak adlandırılabilir. Oransal su içeriği yaklaşık %70 civarına gerileyen bitkilerde stomaların kapanması nedeniyle karbondioksit alımı kısıtlanır. Kuruma ise, aşırı su kaybı nedeniyle metabolizma ve hücre yapısının tamamen bozulması ve enzimle katalizlenen reaksiyonların durması sonucu meydana gelir (Smirnoff, 1993; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Solma durumu, bitkinin turgorunu kaybetmesi ve hücrelerin çökmesiyle ortaya çıkar; ancak su tekrar verilirse, solgunluk azalır ve bitki eski haline dönebilir. Bununla birlikte,

kuruma aşaması çok ileri bir düzeye ulaştığında, bitki eski haline dönemeyebilir (Kaçar, 2015). Kurumaya duyarlı olan vasküler bitkilerin çoğu, %30'un altına düşen su oranı ile iyileşme sürecine giremezler (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Bitki, kök bölgesinden su alımını sağlamakta zorlandığında ve bu durum stres oluşturmaya başladığında, su kayıplarını azaltarak veya su alımını arttırarak bu durumu aşmaya çalışır (Bray, 1997). İlk etki, bitkinin turgorunu kaybetmesidir (Barlow vd., 1980). Yapraklardan terleme ile kaybedilen su, kökler tarafından karşılanmadığında, turgor kaybı sonucunda yaprak hücreleri plazmolize uğrar ve pörsümeye başlar (Günay, 2005). Su eksikliğinin ilk etkilerinden biri, fotosentez oranındaki düşüş nedeniyle vejetatif büyümenin azalmasıdır. Gövde büyümesi ve özellikle yaprak büyümesi, su eksikliğine karşı kök büyümesinden daha hassastır (Sağlam, 2004). Kuraklık koşullarının ilk dönemlerinde, bitkiler daha fazla suya ulaşabilmek için gövde uzamasını yavaşlatıp kök gelişimini hızlandırır (Öztürk, 2015). Bunun yanı sıra, kavun ve domates bitkilerinde, kuraklık stresinin ana gövde çapını da belirgin şekilde kısıtladığı gözlemlenmiştir (Gallardo vd., 2004). Diğer taraftan, kurak koşulların uzun süre devam etmesi durumunda hem gövde hem de kök gelişimi durur, yaprak alanı azalır ve bazı yapraklar sarararak dökülür (Anjum vd., 2011; Öztürk, 2015). Kuraklık stresi altında gelişimlerini tamamlayan bitkiler, su stresi olmadan gelişimlerini tamamlayan bitkilere göre daha düşük bir hacime sahip olma eğilimindedirler. Liu ve Stützel (2004), C4 bitkilerinden Çin ıspanağında, kuraklık stresi altında kök kuru ağırlığının arttığını ve yaprak alanının azaldığını bildirmiştir. Ayrıca, kuraklığın bitkinin su kaybeden ve su dengesini ayarlayabilen organları arasındaki su oranıyla ilişkilendirildiğini ortaya koymuşlardır. Bir diğer çalışmada ise tüm genotiplerde yaprak alanının azaldığı belirlenmiştir. Bitki büyümesindeki azalma, sürgün ve kök meristemlerindeki hücre bölünmesi ve hücre genişlemesinin durmasıyla ilişkilidir. Hücre bölünmesi ve genişlemesinin durması ise, su eksikliği nedeniyle fotosentez oranının düşmesiyle doğrudan ilişkilidir (Anjum vd., 2011). Birçok araştırmacı, kuraklık stresinin fotosentez üzerinde olumsuz etkiler yarattığını vurgulamıştır (Chavez, 1991; Ganieva vd., 1997; Ruiz-Lozano vd., 2012; Osakabe vd., 2014; Ragazzi vd., 2014; Şelem vd., 2021). Ashraf ve Arfan (2005), iki farklı bamya çeşidinin %100 ve %40 sulama kapasitesine sahip tarla koşullarında, her iki çeşitte de kuraklık stresinin yaprak su potansiyelini düşürdüğünü ve yaprak oransal su kapsamının çeşitler arasında farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Kuraklık stresi altında, fotosentez oranı,

transpirasyon oranı, stomal iletkenlik ve su kullanım etkinliğinde düşüşler gözlemlenmiştir. Ayrıca, kuraklık stresinin bitki zararlanmasını özellikle yapraklardaki su oranının düşmesi ile stomaların kapanması, bunun sonucunda yaprak sıcaklığının artması ve buna bağlı olarak membran sistemlerinin zarar görmesiyle gerçekleşen ardışık hücre ölümleri izlemektedir (Flexsas vd., 2004, 2007; Farooq vd., 2009; Dolferus, 2014). Plazma membranının yapısı, hücredeki suyun bir sonucu olarak şekillenir; hücreden su kaybı, membran yapısında değişikliklere neden olur. Su kaybıyla birlikte hücre hacmi de azalır ve gerilim altındaki plazma membranındaki çökme, yırtılmalara yol açabilir. Bu durum, genellikle hücre metabolizmayı kalıcı olarak bozar (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Ziska vd. (1990), stres seviyesinin artmasıyla birlikte ribulobisfosfat karboksilaz (Rubisco) aktivitesinde ve klorofil içeriğinde azalma olduğunu göstermiştir. İyon sızıntısı, kuraklık stresi altındaki bitkilerde meydana gelen hücresel bozulma ve oksidatif hasardan kaynaklı artış göstermektedir (Janiak vd., 2015; Assaha vd., 2016). Shubha ve Tyagi (2007), çalı fasulyesi bitkisi üzerinde yaptıkları çalışmada, su stresi altındaki bitkilerde klorofil değerlerinin ve tohum kalitesinin azaldığını, çözünebilir şeker miktarının ise arttığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar *Foeniculum vulgare*, *Salvia sinaloensis*, *Carthamus tinctorius* ve *Calendula officinalis* türlerinde yaptıkları çalışmalarda artan kuraklık stresinin klorofil miktarlarında ve bitki büyüme parametrelerinde azalışlara sebep olduğunu vurgulamışlardır (Caser vd., 2018; Gholami-Zali ve Ehsanzadeh, 2018; Yeloojeh vd., 2020; Selem vd., 2022).

Çoğunlukla hücresel düzeyde oksidatif zararlara yol açan kuraklık stresi, kurak ve yarı kurak bölgelerde verimi etkileyen önemli bir faktördür. Son yıllarda iklim değişikliği, dünya su kaynakları ve bu kaynakların dünya genelinde eşit dağılmaması, kurak ve yarı kurak geçiş bölgelerinde bulunan ülkelerde ciddi kaygılara neden olmuştur. Mevcut su kaynaklarının en yüksek verimlilikle tarımda kullanılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla atılacak adımların yanı sıra, bitki su ilişkileri de giderek daha önemli bir konu haline gelmiştir. Gelecek yıllarda, su kaynaklarındaki ciddi azalma ile birlikte nüfusun gıda temini özellikle tarım alanında kritik bir gündem maddesi olacaktır. Bu nedenle, kuraklığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi ve stres koşullarında aşılı fidelerin kullanımı, bitki ıslahı çalışmalarının öncelikli alanları arasında yer almaktadır (Derim, 2015).

4.6. Yabancı Ot

Yabancı otlar, kültür bitkileriyle besin maddeleri, su, ışık ve alan açısından rekabet ederek verim kaybına yol açmaktadır. Bu kayıplar, kültür bitkisi türüne, çevre koşullarına, yabancı ot türlerine ve yoğunluklarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Üründe doğrudan meydana gelen bu kayıpların yanı sıra, dolaylı zararlar da bulunmaktadır. Bu zararların başlıcaları; ürünün kalitesinin düşmesi, tohumluk değerinin azalması ve teknolojik özelliklerinin bozulmasıdır. Ayrıca, yabancı otların hasadı zorlaştırması, çeşitli hastalık etmenleri ve zararlı böcekler için sığınma, üreme ve beslenme alanı oluşturarak tarladaki zararları artırması da diğer dolaylı zararlar arasında sayılabilir. Aspir ekim alanlarında verim kaybını önlemek için tarladaki yabancı otlarla mutlaka mücadele edilmelidir (Radosevich vd., 2007; Aldrich vd., 2015). Yabancı ot mücadelesinde kültürel ve kimyasal önlemler alınmaktadır.

Kültürel mücadelede, toprak işleme sırasında ortaya çıkan çok yıllık yabancı otların toprak altı organları toplanarak tarladan uzaklaştırılmalı ve imha edilmelidir. Sürümden sonra gelişen yabancı otlar, kazayağı uç demirli kültivatör ve tırmık gibi aletlerle toplanarak yok edilmelidir. Ayrıca, bölgeye uygun ekim zamanı dikkate alınarak ekim yapılmalı, yabancı otlardan arındırılmış tohumluk kullanılmalı, tarlada yabancı ot tohumları bulaşmamış alet ve ekipmanlar kullanılmalıdır. Ek olarak, ekim nöbeti uygulaması da yabancı ot mücadelesi için etkili bir yöntemdir (Radosevich vd., 2007; Aldrich vd., 2015).

Kimyasal mücadelede ise Bakanlığın “Bitki Koruma Ürünleri Veri Tabanı” ve “Bitki Koruma Ürünleri Veri Tabanı Mobil Uygulaması”nda yayınlanan ve tavsiye edilen bitki koruma ürünleri kullanılmalıdır. Yabancı ot mücadelesinde başarılı olabilmek için, belli bir alana verilen dozun o alana homojen bir şekilde dağıtılmasına özen gösterilmelidir. Bunun için kullanılacak ilaçlama aletlerinin kalibrasyonu yapılmalıdır. Ekim öncesi ilaç uygulaması yapmadan önce toprak işleme iyi yapılmalı, bir veya iki kez diskaro, tırmık gibi aletlerle toprağın yüzeyi keseksiz ve homojen hale getirilmelidir. İlaçlama esnasında herbisit, toprak yüzeyine iyi bir film tabakası oluşturacak şekilde tekdüze atılmalı ve ilaçlanan kısımlardan ikinci kez geçilmemelidir. İlaçlama sırasında toprak yüzeyinin fazla kuru olmamasına dikkat edilmeli ve toprak

tavında iken ilaçlama yapılmalıdır. İlaçlamada genel olarak dekara 20-40 litre su kullanılmalı, ilaçlama havanın rüzgarsız, yağışsız ve sıcaklığın 8-25°C arasında olduğu zamanlarda yapılmalıdır (Radosevich vd., 2007; Zimdahl vd., 2018).

4.7. Gübreleme

Tohum üretimi ve dolayısıyla tohumluk elde etmek amacıyla üretilen ürünlerde, gerekli bitki besin maddeleri arasında makro seviyede azot, fosfor ve potasyum (NPK) ayrı bir öneme sahiptir. Tohumluk üretiminde yapılacak gübrelemenin şekli, zamanı, verilecek gübrelerin cinsi, miktarı ve yetiştirilecek bitkinin tür ve çeşidi ile toprağın durumu önemli farklılıklar göstermektedir. Özellikle buğdaygiller gibi bitkiler daha fazla azot ihtiyacı duyarken, baklagiller ailesine mensup bitkiler fosfor ve potasyum açısından daha fazla gereksinim duyarlar. Tohumluk üretimlerinde, azot, fosfor ve potasyumun etkilerini ayrı ayrı incelemek gerekir (*Fageria vd., 2017*).

Azot; tüm bitkilerin sağlıklı gelişimleri için mutlak gereklidir. Ancak, tohum üretimi yapılan bitkilerin bazı türlerinde, ilk gelişim dönemlerinde fazla azot gereksiz olabilir. Çünkü fazla azot, bitkilerin vejetatif gelişimini artırarak meyve tutumunu azaltabilir, verimi düşürebilir ve yatmaya neden olabilir. Bu durumda, hem tohum olgunluğu ve dolgunluğunda eksiklikler meydana gelir hem de hasat zorluğu yaşanabilir. Bu sakıncaların ortadan kaldırılması için, gerekli olan azot tek seferde verilmek yerine, parçalara bölünerek ve çiçeklenme dönemi öncesinde uygulanmalıdır. Bu yöntem, tohum üretimi için daha uygun olacaktır. Baklagil kökenli bitkilerde, azot, azot bakterileri faal duruma gelene kadar gereklidir. Miktar olarak, ekimle birlikte 2-3 kg/da azot yeterlidir. Buğdaygil bitkilerinde ise gerekli olan azot en az iki parçaya bölünerek uygulanmalıdır. Aksi takdirde, hem vejetatif gelişmeler artar hem de fazla azot topraktan yıkanarak kaybolur. Sulanabilir bölgelerde veya düzenli yağış alan alanlarda, bazı buğdaygiller için 10-20 kg/da azot, tohum verimini olumlu yönde etkiler. Erken dönemde yapılan azot uygulamaları, buğdaygil yem bitkileri ve yemelik baklagillerde iyi sonuçlar verir. Ancak, kışı sert geçen bölgelerde sonbaharda yapılan fazla azot uygulamaları bitkilere olumsuz etkilerde bulunabilir; kış zararını arttırabilir ve bitkilerin hastalıklara dayanıklılığını azaltabilir. Buna karşılık, ilkbaharda geç dönemde yapılan azot

uygulamaları, fertil kardeş sayısının azalmasına ve yan kardeş sayısının artmasına yol açarak tohum veriminin düşmesine ve hasat zorluklarına neden olabilir. Bu tür bir uygulamadan kaçınılmalıdır (Güneş vd., 2000; Marschner vd., 2011).

Fosfor; tohum üretiminde meyve tutumu ve tohum gelişimi açısından büyük öneme sahiptir. Özellikle baklagillerde fosfor, tek başına verildiğinde dahi verimi artırıcı etkiler gösterir. Fosforun erken dönemde (ekim öncesinde toprak altına) verilmesi gereklidir. Özellikle tahıllar, ihtiyaç duydukları fosforun büyük kısmını gelişmelerinin ilk aşamalarında alır. Fosfor eksikliği daha sonra giderilemez, bu nedenle erken uygulama çok önemlidir. Azot ve fosforun ayrı ayrı verilmesinden daha fazla verim elde etmek için, bu iki besin maddesinin birlikte uygulanması daha etkili olacaktır. Buğdaygil ve baklagillerde iyi verim ve kalite için 10 kg/da fosfor yeterlidir (Marschner vd., 2011).

Potasyum; çiçeklenme ve tohum gelişmesi üzerinde, ayrıca ürün kalitesi üzerinde oldukça etkili bir besin maddesidir. Potasyum eksikliği görülen topraklarda potasyum gübrelenmesi yapılmalıdır. Potasyum eksiklikleri, özellikle yağışlı ve ılıman bölgelerde daha yaygın görülmektedir. Potasyum gübrelenmesi, ekim öncesinde yapılmalıdır. Potasyum, toprakta yeterli azot bulunduğu daha etkili olur. Yetersiz azot bulunan ortamlarda potasyumun etkisi azalır, bu yüzden potasyum ve azot dengeli bir şekilde verilmelidir. Baklagil ve buğdaygil bitkilerinin tohumluk üretiminde 10 kg/da potasyum yeterlidir. Fosfor ve potasyum, özellikle yağ bitkilerinde tohumda yağ ve protein oranını arttırmada büyük rol oynar. Bu nedenle, verilecek gübre miktarı artırılabilir. Genel bir kural olarak; azot vejetatif gelişmede, fosfor meyve tutumunda, potasyum ise kalitenin yükselmesinde etkili bir rol oynar. Başka bir deyişle, azot vejetatif gübre, fosfor döl gübresi ve potasyum ise kalitelendirme gübresidir (Marschner vd., 2011; Fageria vd., 2017). Bitkilerde hayati öneme sahip metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal işlevlere sahip önemli bir gübre olan potasyum bitkilerde ürün miktarı ve kalitesini artırır. Potasyum (K); enzim aktivitesine, fotosenteze, bitki besin elementlerinin ve fotosentez ürünlerinin taşınmalarına yardım eder, protein kapsamını artırır, turgoru düzenler, bitkilerde su yitmesini ve solmayı önler. Potasyum bitkilerde kök gelişmesini ve büyümesini olumlu şekilde etkilerken bitkilerde yatmayı önler, soğuğa dayanıklılığı artırır, erkencilik sağlar, azotun etkinliğini artırır, hastalık

ve zararlılara karşı dayanıklılığı olumlu şekilde etkiler. Bu etkinlikleriyle potasyum, ürün miktarı üzerine olumlu ve önemli etki yapar. Bu besin maddeleri dışında, kalsiyum, magnezyum, kükürt, demir, bakır, bor, çinko, manganez ve molibden gibi diğer makro ve mikro besin elementleri de bazı özel durumlarda tohumluk üretiminde gerekli olabilmektedir. Bu tür besin maddelerinin eksikliği durumunda, mutlaka verilmelidir.

4.8. Sulama

Sulama, tarımsal üretimde, özellikle de bitkisel üretimde, temel bir uygulama olarak büyük öneme sahiptir. Yağış şekilleri, özellikle yağmur, kar ve hava nispi nemi, bitki yetiştiriciliği ve tohumluk üretiminin ana unsurlarını oluşturur. Türkiye, kurak ve yarı kurak iklim koşulları nedeniyle tohumluk tarımı için oldukça elverişlidir. Bu bölgelerde hastalık etmenleri ve böcek popülasyonları genellikle düşük düzeyde seyreder. Tohumluk üretiminde, bol ışık alan, nispi nemin düşük olduğu, sıcak ve kuru iklimler tercih edilmektedir. Ancak, bu tür ekolojik alanlarda bitkisel üretim için su ve sulama uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bitkinin erken gelişim evrelerinde aşırı sulamadan kaçınılmalıdır; aksi takdirde, vejetatif gelişme aşırı artış gösterir ve bu durum tohum verimini olumsuz etkiler. Buna karşın, vejetatif büyümenin yoğun olduğu dönemde su eksikliği yaşanması da sorunlara yol açabilir. Bu süreçte toprak kuru kalırsa, yeni yaprak oluşumu sınırlanır ve mevcut yapraklar küçük kalır. Daha sonraki sulama girişimleri genellikle beklenen verimi sağlamaz. Bu nedenle, sulama zamanlaması büyük bir titizlikle planlanmalıdır.

Kuru koşullarda tohum üretimi yapılması durumunda, ekim öncesinde sulama uygulaması zorunludur. İdeal çimlenme koşullarını sağlamak adına, tohumların uygun toprak koşullarında ekilmesi gereklidir; aksi takdirde çimlenme gerçekleşmez ve fide gelişimi mümkün olmaz. Uzun süreli kuraklık veya aşırı nem, çimlenme sürecini olumsuz etkileyerek, zayıf tarla çıkışına neden olabilir (İşler, 2022).

Tohumluk üretiminde sulama genellikle salma sulama, yağmurlama sulama ve yüzeyaltı sulama yöntemleriyle gerçekleştirilir. Bu yöntemlerin her biri, farklı üstünlükler sunmaktadır. Kullanılacak yöntem, mevcut su kaynaklarına, yetiştirilen bitki türüne ve diğer çevresel faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Su verimliliği ve tasarrufu açısından kapalı basınçlı

sulama sistemleri, özellikle yağmurlama ve damla sulama, daha uygun bir seçenek sunmaktadır. Yağmurlama sulama yöntemi yaygın olarak kullanılmasına rağmen, yaprak hastalıklarının artmasına neden olabileceği gibi, bazı durumlarda yonca gibi bitkilerde böcek yoğunluğunu arttırarak tozlanmayı ve tohum verimini azaltabilir. Ayrıca, olgunlaşma dönemindeki bitkilerde tohum dökülmesine veya başakta çimlenmeye yol açabilir. Bu nedenle, çiçeklenme döneminde yağmurlama sulama yapılmamalıdır. Yüzeyaltı sulama, toprak yüzeyinin kuru tutulması gereken alanlar ile bazı bitki hastalıklarının yoğun olduğu bölgelerde faydalı bir alternatif olarak öne çıkar. Salma sulama yönteminde ise aşırı su kullanımından kaçınılmalı ve yüzey erozyonu ile dikey erozyon risklerine karşı dikkatli olunmalıdır. Özellikle tohumluk üretiminde, bitkilerin tohum olgunlaşmasına yaklaşık 2-3 hafta kala sulama işlemi durdurulmalıdır. Bu uygulama, bitki ve toprağın kurummasına olanak tanıyarak, bitkilerin yatmasını önler ve hasadı kolaylaştırır (Anonim, 2024c).

4.9. Toprak

Toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri, bitki kalitesini doğrudan etkileyen temel unsurlardır. Toprağın yapısı, nem durumu, sıcaklığı ve verimlilik düzeyi, bitki gelişimi ve besin değerleri üzerinde belirleyici rol oynar. Örneğin, killi topraklarda yetişen bitkilerin, kumlu topraklarda yetişenlere kıyasla daha yüksek oranda ham protein içerdiği gözlemlenmiştir. Normal bir büyüme döneminde toprak sıcaklığı, hava sıcaklığı kadar kritik olmamakla birlikte, soğuk topraklarda yetişen bitkilerin veriminde azalma görülürken, ham protein oranında artış meydana gelir. Ayrıca, soğuk topraklarda selüloz ve lignin birikiminin daha yavaş gerçekleştiği rapor edilmiştir.

Nem durumu, bitkilerin hem verim hem de kalite düzeylerini etkiler. Kuru topraklarda yetişen bitkiler hızlıca sararma eğilimi gösterirken, aşırı nemli topraklarda yetişen bitkilerin verimi ve kalitesi düşüş gösterir. Toprakların bitki besin maddeleri açısından zenginliği ya da yoksulluğu da kaliteyi etkileyen bir diğer önemli faktördür. Azotça zengin topraklarda yetişen bitkilerde protein oranının arttığı bilinmektedir. Bu bağlamda, azot açısından fakir topraklarda yapılan azotlu gübreleme, yem bitkilerinin ham protein oranını artırmakta ve bu durum otun lezzetini olumlu yönde etkilemektedir. Ancak, aşırı azotlu gübreleme, bazı bitkilerde hayvan sağlığı için zararlı olabilecek nitrat ve nitrit

bileşiklerinin yanı sıra, alkaloid ve hidrosiyanik asit birikimine yol açabileceği için dikkatli bir şekilde uygulanmalıdır.

Azotlu gübrelerin yanı sıra diğer gübre türleri de verimi ve bitkilerin içerdiği elementlerin oranını değiştirebilir, ancak kalite üzerinde azotlu gübreler kadar belirgin bir etki yaratmaz. Asidik topraklarda uygulanan kireçleme, toprak pH'ını yükselterek baklagil yem bitkilerinin gelişimini teşvik eder. Kireçleme ayrıca toprakta Ca, Mg ve P oranlarını artırırken, birçok bitkide mikro besin maddelerinin miktarını da yükseltmektedir. Bu tür toprak yönetimi uygulamaları, bitki verimini ve besin değerlerini iyileştirmek adına kritik öneme sahiptir (Gökmen vd., 2020).

4.10. Hasat

Bitkisel üretimde kaliteyi etkileyen temel faktörlerden biri hasat zamanı ve yöntemidir. Hasat sürecinde yapılan hatalar, ürünün hem fiziksel hem de kimyasal kalitesinde önemli kayıplara neden olabilmektedir. Hasat, bitki yetiştiriciliğinin son aşaması olup, nihai ürünün kalitesini belirleyen kritik bir süreçtir. Kaliteli ürünlerin elde edilmesi, doğru hasat zamanının seçilmesi ve bitki türüne uygun hasat ve paketleme tekniklerinin uygulanmasına bağlıdır.

Hasat zamanı, bitkilerin gelişim aşamasına göre değişiklik göstermekte ve bu durum ürün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Çoğu durumda, bitkiler çiçeklenme döneminde veya meyveler tam olgunluğa ulaştığında hasat edilmelidir. Yanlış zamanlama, ürünün hem verim hem de kalite açısından istenen seviyeye ulaşmasını engelleyebilir. Örneğin, erken hasat edilen meyve ve sebzelerde aroma, şeker oranı ve renk gelişimi yetersiz kalırken, tahıllarda tane ağırlığı düşük olur. Buna karşın, geç hasat edilen ürünlerde aşırı olgunlaşma, kalite kayıplarına, ürün kaybına ve depolama sürecinde çürüme riskine yol açabilir. Ayrıca, aşırı olgunlaşmış bazı ürünlerin işlenmesi daha zor hale gelir.

Hasat işlemi sırasında kullanılan ekipman ve tekniklerin de kalite üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Uygun araçlarla ve doğru zamanlamayla yapılan hasat, ürünün fiziksel zarar görmesini en aza indirir ve depolama sürecinde bozulmayı önler. Hasat sonrası paketleme teknikleri de kaliteyi koruma açısından büyük önem taşımaktadır. Bitki çeşidine uygun

paketleme yöntemlerinin kullanılması, ürünün raf ömrünü uzatarak tüketicilere yüksek kaliteli ürünler sunulmasına katkı sağlar.

Sonuç olarak, hasat zamanının doğru belirlenmesi, uygun yöntemlerin kullanılması ve bu süreçte gerekli özenin gösterilmesi, bitkisel ürünlerin kalite ve verimini artırarak tarımsal üretimde başarıyı sağlamaktadır (Borna vd., 2007; Omidbaigi vd., 2009).

Tıbbi ve aromatik bitkilerde içerdikleri sekonder metabolitler açısından hasat dönemleri oldukça önemlidir. Bir bitkinin farklı büyüme ve gelişme dönemlerinde sekonder metabolitler değişebilmektedir. Örneğin, papatya (*Matricaria chamomilla*) uçucu yağına mavi renk veren azulen çiçeklenme öncesi ve sonrasına göre en fazla tam çiçek açma döneminde sentezlenir. Nane (*Mentha piperita*) bitkisinin yapraklarında en yüksek uçucu yağ tam çiçeklenme safhasında birikir. Çiçeklenme başından sonuna doğru gidildikçe mentol oranı artarken menton oranı azalmaktadır. Yayla kekiği (*Origanum minutiflorum*) bitkisinde en yüksek uçucu yağ içeriği (%4.9) çiçeklenme başında en yüksek, karvakarol içeriği (%92.3) ise çiçeklenme sonunda ortaya çıkmaktadır (Baydar, 2005). Reyhan (*Ocimum basilicum*) bitkisinin çiçeklenme öncesi, tam çiçeklenme ve çiçeklenme sonu dönemlerinde yapılan biçimlerde hem yapraklarda hem de çiçeklerde en yüksek uçucu yağ oranı tam çiçeklenme döneminde elde edilmektedir (Baydar, 2013). Adaçayı (*Salvia officinalis*) bitkisinin 1,8-sineol ve kamfor oranları ilkbahar aylarında daha düşük, yaz ve güz aylarında daha yüksek iken, α - ve β -tuyon oranları ilk bahar aylarında daha yüksek, yaz ve güz mevsimlerinde daha düşük bulunmuştur (Başyigit, 2016).

Aynı bitkide günün farklı saatlerinde sekonder metabolitler farklı seviyelerde sentezlenirler. Lavanta (*Lavandula officinalis*) çiçeklerinde linalil asetat öğleden sonraki saatlerde artış, linalool ise azalış göstermektedir. Yağ gülü (*Rosa damascena*) çiçeklerinde sabah saatlerinden akşam saatlerine doğru gidildikçe uçucu yağ oranı düzenli olarak azalmakta, bileşenlerden sitronellol oranı artmakta, geraniol ve neroloranlar azalmaktadır. Safran (*Crocus sativus*) stigmasında sabah saatlerinden akşam saatlerine doğru gidildikçe krosin içeriğinde artış, safranal ve krosetin miktarlarında azalış kaydedilmiştir. Kekik (*Coridothymus capitatus*) yapraklarında uçucu yağ oranı sabah 6'da en yüksek (%4.9), gün içerisindeki sıcaklığın en yüksek ve oransal nem değerinin düşük olduğu saat 16'da ise en düşük (%4.5) seviyededir (Arabacı vd., 2015). Oğulotu

(*Melissa officinalis*) bitkisinde en yüksek uçucu yağ oranı çiçeklenme öncesi dönemde (%0.13) ve saat 12’de (%0.08) elde edilmiş, çiçeklenme öncesi dönemde ve saat 12’de sitral ana bileşen olurken, diğer gelişme dönemlerinde ve biçim saatlerinde karyofillen oksit ana bileşen olmuştur (Uyanık, 2013).

5. SONUÇ

Dünya nüfusunun her geçen gün artmasıyla paralel olarak tarım arazilerinin yerini endüstri ve yerleşim alanları almaktadır. Bu durum, insanoğlunun mevcut tarımsal alanlarda verimliliği artırmaya yönelik çalışmalar yapmasına yönlendirmiştir. Ülkemizde, kültür bitkilerinin ekiliş alanlarının marjinal sınıra yaklaşması nedeniyle, mevcut alanlardan elde edilecek ürünlerin verimliliğinin artırılması gerekmektedir. Bitki yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi olumsuz etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Kalite, bitkiler ve hayvanlar da dahil olmak üzere bir çevrenin sağlığı, o çevredeki insanların sağlık, rahatlık ve psikolojik durumları gibi çeşitli unsurların bir ölçüsüdür. Bitkideki kaliteyi etkileyen başlıca faktörler arasında iklim, yükseklik, tohum çeşidi, sertifikalı tohumluk, hastalık ve zararlı varlığı, kuraklık, yabancı otlar, gübreleme, sulama, toprak durumu ve hasat şekli sayılabilir. Kalite, kantitatif bir özellik olup birçok faktörden etkilenir, bu nedenle kalite ıslahı oldukça kompleks bir süreçtir. Ancak, markörler gibi teknolojik araçlar kullanılarak bu zorluklar büyük ölçüde azaltılabilir.

KAYNAKÇA

- Acquaah, G. (2012). *Principles of Plant Genetics and Breeding*. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Aldrich, R. J., & Kremer, R. J. (2015). *Principles in Weed Management*. Ames, IA: Iowa State University Press; 1997. p. 455. Springer.
- Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 2026-2032.
- Anonim, (2024a) Endüstri ve Süs Bitkileri Hastalıkları Zirai Mücadele Teknik Talimatları [https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Endüstri ve Süs Bitkileri Hastalıkları Zirai Mücadele Teknik Talimatları.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Endüstri%20ve%20Süs%20Bitkileri%20Hastalıkları%20Zirai%20Mücadele%20Teknik%20Talimatları.pdf) Erişim tarihi: 10.12.2024.
- Anonim,(2024b). [https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Bitki %20 Hastal% C4%B1klar% C4%B1%20Zirai%20Mücadele%20Teknik%20 Talimatlar% C4%B1.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Bitki%20Hastalıkları%20Zirai%20Mücadele%20Teknik%20Talimatları.pdf). Erişim tarihi: 13.12.2024
- Anonim, (2024c) Türk Tarım Sektöründe Uygulanan Sulama Tekniklerinin Ekonomiye Etkileri ve Ege Bölgesi Uygulamaları https://www.atakale.com.tr/image/catalog/urunler/paketler/sulama/turkiyede_arazi_sulama_gunes_enerjisi_kurakli_calismalari.pdf Erişim tarihi:10.12.2024.
- Arabacı, O., Tokul, H. E., Öğretmen, N. G., & Bayram, E. (2015). Doğal Yayılış Gösteren *Coridothymus capitatus* L. Genotiplerinde Diurnal Varyabilitenin Verim ve Kaliteye Etkisi. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 52(2), 141-150. <https://doi.org/10.20289/euzfd.84331>
- Ashraf, M., & Arfan, M. (2005). Gas exchange characteristics and water relations in two cultivars of *Hibiscus esculentus* under waterlogging. *Biologia Plantarum*, 49(3): 459-462.
- Assaha D.V.M, Liu L., Ueda A., Nagaoka T., & Saneoka H. 2016. Effects of drought stress on growth, solute accumulation and membrane stability of leafy vegetable, huckleberry (*Solanum scabrum* Mill.), *J. Environ. Biol.*, 37: 107.
- Aslantaş, R., & Karakurt, H. (2007). Rakımın meyve yetiştiriciliğinde önemi ve etkileri. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 12(2), 31-37.
- Barlow, E.W.R., Lee, J.W., Munns, R., & Smart, M.G. (1980). Water relations of developing wheat grains. *Australian Journal of Plant Physiology*, 7: 519-525.
- Baydar, H. (2013). *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilim ve Teknolojisi*. Isparta, Türkiye: SBÜ Basımevi.
- Baydar, H. (2005). Yayla kekiği (*Origanum minutiflorum* O. Schwarz et. PH Davis)'nde farklı toplama zamanlarının uçucu yağ içeriği ve uçucu yağ

- bileşenleri üzerine etkisi. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 18(2), 175-178.
- Bray, E. (1997). Plant responses to water deficit. *Trends in Plant Science*, 2: 48-54.
- Başıyigit, M. (2016). *Tıbbi adaçayı (Salvia officinalis L.)'nda farklı hasat zamanlarının uçucu yağ oranı ve bileşenleri ile antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi.* (Master's thesis), Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Belkhdja, R., Morales, F., Abadia, A., Gomez-Aparisi, J., & Abadia, J. (1994). Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Physiology*, 104(2), 667-673.
- Bewley, J. D., Bradford, K., Hilhorst, H., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy.* New York–Heidelberg–Dordrecht–London. *Seed Science Research*, 23(4), 289-289.
- Bonan, G. B. (2015). *Ecological Climatology: Concepts and Applications for Climate Change.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Borna, F., Omidbaigi, R., & Sefidkon, F. (2007). The effect of sowing dates on growth, yield and essential oil content of *Dracocephalum moldavica* L. *Iranian journal of medicinal and aromatic plants research*, 23(3), 307-314.
- Buchanan, B. B., Gruissem, W., & Jones, R. L. (2015). *Biochemistry and molecular biology of plants.*Chicester, UK: John Wiley & Sons.
- Busse, W. (2000). The significance of quality for efficacy and safety of herbal medicinal products. *Drug Information Journal*, 34(1), 15-23.
- Caser M., Angiolillo F., Chitarra W., Lovisolò C., Ruffoni B., & Pistelli L. 2018. Ecophysiological and phytochemical responses of *Salvia sinaloensis* Fern. to drought stress. *Plant Growth Regul.*, 84: 383-394.
- Chaves, M.M., Maroco, J.P., & Pereira, J.S. (2003). Understanding plant responses to drought– from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, 30: 239–264.
- Ceylan, A., (1997). *Tıbbi bitkiler - II* (Uçucu yağ bitkileri). İzmit, Türkiye: Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayını, No: 481, 1-27
- Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (2012). *Principles of Seed Science and Technology.* Newyork, USA: Springer Science & Business Media.
- Dolferus, R. (2014). To grow or not to grow: A stressful decision for plants. *Plant Science*, 2229: 247-261
- Fageria, N. K., He, Z., & Baligar, V. C. (2017). *Phosphorus management in crop production.*London, UK: CRC Press.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 185-212.

- Fitter, A. H., & Hay, R. K. M. (2012). *Environmental Physiology of Plants*. London, UK: Academic Press.
- Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G., & Sharkey, T.D. (2004). Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. *Plant Biology*, 6: 269–279.
- Flexas, J., Diaz-Espejo, A., Galmés, J., Kaldenhoff, R., Medrano, H., & Ribas-Carbo, M. (2007). Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO₂ concentration around leaves. *Plant, Cell & Environment*, 30: 1284–1298.
- Gaedcke, F., & Steinhoff, B. (2003). *Herbal medicinal products: scientific and regulatory basis for development, quality assurance and marketing authorisation*. USA: CRC Press.
- Gallardo, M., Thompson, R.B., Valdez, L.C., & Pérez, C. (2004). Response of stem diameter to water stress in greenhouse-grown vegetable crops. *Acta Horticulturae*, 664: 253-260
- Ganieva, R., Allahverdiev, S., Bayromova, S., & Nafisi, S. (1997). Effect of polystimuline- K on maize (*Zea mays* L.) seedlings pigment apparatus formation on the sodium chloride salinity. *Turkish Journal of Botany*, 21: 253- 257.
- Gilligan, C. A. (2008). Sustainable agriculture and plant diseases: an epidemiological perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492): 741-759.
- Gholami-Zali A., Ehsanzadeh P. 2018. Exogenously applied proline as a tool to enhance water use efficiency: case of fennel. *Agric Water Manage*, 197: 138-146.
- Gökmen, F., & Günal, H. Toprak İşlem Yöntemlerinin Toprak Kalitesi İndikatörü ve Toprak Kalitesine Etkileri. *21. Yüzyılda Fen ve Teknik*, 2(4), 79-106.
- Güenal, N. (2013). Türkiye’de iklimin doğal bitki örtüsü üzerindeki etkileri. *Acta Turcica*, 1(5), 1-22.
- Günay, A. (2005). *Sebze Yetiştiriciliği*. Cilt I, ISBN 975-00725-0-2, İzmir.
- Güneş, A., Alpaslan, M., & İnal, A. (2000). *Bitki besleme ve gübreleme*. Ankara, Türkiye: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Halliday, K. J., & Whitelam, G. C. (2003). Changes in photoperiod or temperature alter the functional relationships between phytochromes and reveal roles for phyD and phyE. *Plant physiology*, 131(4), 1913-1920.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2010). *Hartmann and Kester's Plant Propagation: Principles and Practices*. New York, USA: Pearson Education.
- Hasanuzzaman, M., Mahmud, J. A., Anee, T. I., Nahar, K., & Islam, M. T. (2018). Drought stress tolerance in wheat: omics approaches in understanding and

- enhancing antioxidant defense. *Abiotic stress-mediated sensing and signaling in plants: an omics perspective*, 267-307.
- He, P. P., Lv, X. Z., & Wang, G. Y. (2004). Effects of Se and Zn supplementation on the antagonism against Pb and Cd in vegetables. *Environment International*, 30(2), 167-172.
- Hopkins, W. G., & Hüner, N. P. A. (2008). *Introduction to Plant Physiology*. London, UK: Wiley.
- Ibrahim¹, H. M., El-Amier, Y. A., & Al-Gifri, A. N. A. (2018). Epidermal Properties of *Phragmanthera Austroarabica* (Endemic Species to South West of Arabian Peninsula) and Its Taxonomical Significance. *Journal of Environmental Sciences*, 47(1-2), 13-21.
- ISO (International Organization for Standardization). (2024). ISO 9001:2024 - Quality Management Systems. https://qmsdanismanlik.com.tr/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAjp-7BhBZEiwAmh9rBSVZXRBI82Mm_vqv0ctuv94Ujs9wZEpN6WQIEm4aiwCKefJye7MXFRoCt6sQAvD_BwE Erişim Tarihi: 20.12.2024.
- İşler, N. (2022). Tohumluk Üretimi. Mustafa Kemal Üniversitesi Yayınları. Erişim adresi: <https://www.mku.edu.tr/files/898-490ad5a3-7059-4aec-9fb1-ae7629d63842.pdf> Erişim tarihi: 15.12.2024.
- Jackson, S. D. (2009). Plant responses to photoperiod. *New Phytologist*, 181(3), 517-531.
- Janiak A., Kwaśniewski M., & Szarejko I. 2015. Gene expression regulation in roots under drought. *J Exp Bot*, 67(4): 1003- 1014.
- Jones, H. G. (2014). *Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kabala, C., & Singh, B. R. (2001). Fractionation and mobility of copper, lead, and zinc in soil profiles in the vicinity of a copper smelter. *Journal of environmental quality*, 30(2): 485-492.
- Kaçar O. Azkan N., (2005). Bursa'da doğal orada bulunan sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.) popülasyonlarında farklı yüksekliklerin hiperisin oranı üzerine etkisinin belirlenmesi, *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19: 77-89.
- Kaçar, B. (2015). *Genel Bitki Fizyolojisi*, Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No: 1243, Ankara.
- Kader, A. A. (2002). *Postharvest quality maintenance of fruits and vegetables in developing countries*. In *Post-harvest physiology and crop preservation* (pp. 455-470). Boston, MA: Springer US.
- Kalefetoğlu, T., & Ekmekçi, Y. (2005). The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4): 723-740.

- Kamiloglu, S., & Capanoglu, E. (2015). Polyphenol content in figs (*Ficus carica* L.): Effect of sun-drying. *International Journal of Food Properties*, 18(3): 521-535.
- Karaca, M., & Öztürk, T. (2012). "Türkiye'nin Tarımsal Bölgelerinde İklim Değişikliğinin Etkisi". TÜBİTAK Proje Raporu, Proje No: 110Y239.
- Katar, N., Katar, D., Aydın, D., & Olgun, M., (2018). Tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.)'nda uçucu yağ oranı ve kompozisyonu üzerine ontogenetik varyabilitenin etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 4(2): 231-236
- Kaushal, M., & Wani, S. P. (2016). Plant-growth-promoting rhizobacteria: drought stress alleviators to ameliorate crop production in drylands. *Annals of Microbiology*, 66: 35-42
- Kayabaşı, S. (2011). *Kuraklık stresinde yetiştirilen soyada (Glycine max L.) bazı fizyolojik parametreler ile prolin birikiminin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Korkmaz, H., & Durmaz, A. (2017). Bitkilerin abiyotik stres faktörlerine karşı geliştirilen cevaplar. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2): 192-207.
- Liu, F., & Stutzel, H. (2004). Biomass partitioning, specific leaf area and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. *Scientia Horticulturae*, 102 (1): 15-27.
- Louwaars, N. P., & de Boef, W. S. (2012). Integrated seed sector development in Africa: A conceptual framework for creating coherence between practices, programs, and policies. *Journal of Crop Improvement*, 26(1): 39-59.
- Lucas, J. A., Bowyer, P., & Anderson, H. M. (2020). *Plant Pathology and Plant Pathogens*. Oxford, UK: Wiley.
- Marschner, H. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Oxford, UK: Academic Press.
- Marschner, H. (Ed.). (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Oxford, UK: Academic press.
- Mengü, G. P., Anaç, S., & Özçakal, E. (2011). Kuraklık yönetim stratejileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(2): 175-181.
- Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of hydrology*, 391(1-2): 202-216.
- Mittler, R. (2017). ROS are good. *Trends in Plant Science*, 22(1): 11-19.
- Monteith, J. L., & Unsworth, M. H. (2013). *Principles of Environmental Physics: Plants, Animals, and the Atmosphere*. Oxford, UK: Academic Press.
- Nohutçu, L., Tunçtürk, M., Selem, E., Tunçtürk, R., & Çınar, O (2024). *Origanum rotundifolium* Boiss ve *Origanum syriacum* L. Türlerinin Besin Elementleri İçeriği, Uçucu Yağ Oranı ve Biyokimyasal Bileşimi Üzerine Bir Araştırma.

- KSÜ Tarım ve Doğa Derg.* 27(Ek Sayı 1): 213-220. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1459875.
- Oh, J. H., Ha, I. J., Lee, M. Y., Kim, E. O., Park, D., Lee, J. H., ... & Kim, C. K. (2018). Identification and metabolite profiling of alkaloids in aerial parts of *Papaver rhoeas* by liquid chromatography coupled with quadrupole time-of-flight tandem mass spectrometry. *Journal of separation science*, 41(12), 2517-2527.
- Omidbaigi, R., Borna, F., Borna, T., & Inotai, K. (2009). Sowing dates affecting on the essential oil content of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) and its constituents. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12(5), 580-585.
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., & Tran, L.P. (2014). Response of plants to water stress. *Front Plant Science*, 5: 86.
- Örs, S., & Ekinci, M. (2015). Kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi. *Derim*, 32(2), 237-250.
- Özer A., (2010). *Bazı tıbbi bitkilerin sıcak havalı kurutucuda kurutulması ve kurutma sıcaklıklarının ürün kalitesi üzerine etkileri.* (YL Tez), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Özguven M, Ayanoglu F, & Ozel A (2006). Effect of nitrogen rates and cutting times on the essential oil yield and components of *Origanum syriacum* L. var. *bevanii*. *Journal of Agronomy*, 5(1), 101-105.
- Öztürk, N.Z. (2015). Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(5), 307-315.
- Radosevich, S. R., Holt, J. S., & Ghera, C. M. (2007). *Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management.* New Jersey, Canada: John Wiley & Sons.
- Rai, V., Khatoon, S., Bisht, S. S., & Mehrotra, S. (2005). Effect of cadmium on growth, ultramorphology of leaf and secondary metabolites of *Phyllanthus amarus* Schum. and Thonn. *Chemosphere*, 61(11), 1644-1650.
- Razzaghi, F., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., & Andersen, M.N. (2014). Ionic and photosynthetic homeostasis in quinoa challenged by salinity and drought – mechanisms of tolerance. *Functional Plant Biology*, 42(2), 136-148.
- Ruiz-Lozano, J.M., Porcel, R., Bárzana, G., Azcón, R., & Aroca, R. (2012). Contribution of arbuscular mycorrhizal symbiosis to plant drought tolerance: state of the art. pp. 335–362. In: Aroca, R. (Ed.), *Plant Responses to Drought Stress* Springer-Verlag, Heidelberg.
- Schumann, G. L., & D'Arcy, C. J. (2010). *Essential Plant Pathology.* American Phytopathological Society. Milwaukee, USA: (APS) Press.
- Schumann, G. L., & D'Arcy, C. J. (2018). *Essential Plant Pathology.* Milwaukee, USA: APS Press.

- Selem, E., Tunçtürk, R., Nohutcu, L., & Tunçtürk, M. (2022). Effects of rhizobacteria and algal species on physiological and biochemical parameters in *Calendula officinalis* L. under different irrigation regimes. *Journal of Elementology*, 27(1).
- Shubha, V., & Tyagi, A.K. (2007). Emerging trends in the functional genomics of the abiotic stress response in crop plants. *Plant Biotechnology Journal*, 5(3), 361-380.
- Slifman, N. R., Obermeyer, W. R., Aloï, B. K., Musser, S. M., Correll Jr, W. A., Cichowicz, S. M., ... & Love, L. A. (1998). Contamination of botanical dietary supplements by *Digitalis lanata*. *New England Journal of Medicine*, 339(12), 806-811.
- Smirnov, N. (1993). The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist*, 125, 27-58.
- Steinhoff, B. (1997). Quality control of herbs and herbal preparations in consideration of new legal regulations. *Z Arznei- & Gewürzpf*, 2(1), 1-14.
- Sternberg, G. W., & Cowan, J. R. (2010). "The Role of Fog and Dew in Arid Zone Plant Survival." *Journal of Arid Environments*, 74(3), 331-338.
- Şahin, Ü. & Kurnaz, D. (2014). İklim Değişikliği ve Kuraklık (pdf dosyası), İstanbul Politikalar Merkezi, İstanbul, <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20200326-02031103.pdf>, (E.T: 13.05.2023).
- Şelem, E., Nohutçu, L., Tunçtürk, R., & Tunçtürk, M. (2021). Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteri Uygulamalarının Kuraklık Stresi Koşullarında Yetiştirilen Aynısafa (*Calendula officinalis* L.) Bitkisinin Bazı Büyüme Parametreleri ile Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31(4): 886-897.
- Tunçtürk, M., Şelem, E., Nohutçu, L., Tunçtürk, R., & Toprak, T., (2022). *Türkiye Forasında Doğal Olarak Yetişen Salvia Türlerinin Ticari Önemi, Yayılış Alanları ile Endemik Olanların İucn Risk Kategorileri*. Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Fonksiyonel Kullanım Alanları, Ticareti ve Sürdürülebilirliği, Tunçtürk, R. (ED). Ankara, Türkiye: Iksad Publications.
- Uyanık, M. (2013). *Oğulotu (Melissa officinalis L.)'nda ontogenetik, morfojenetik ve diurnal varyabilitenin Ankara koşullarında belirlenmesi*. (Master's thesis), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Wang, X., Pan, X., Gao, M., Yu, J., Jiang, J., Zhang, J., ... & Zhang, R. (2016). Evidence of both surface and bulk Dirac bands and anisotropic nonsaturating magnetoresistance in ZrSiS. *Adv. Electron. Mater*, 2(10), 1600228.
- Yeloojeh K.A., Saeidi G., & Ehsanzadeh P. 2020. Effectiveness of physiological traits in adopting safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes to water deficit condition. *Int J Plant Prod*, 14(1), 155-164.

- Zimdahl, R. L. (2018). *Fundamentals Of Weed Science*. London, US: Elseiver.
- Ziska, L.H., Seemann, J.R., & DeJong, T.M. (1990). Salinity induced limitations on photosynthesis in *Prunus salinica*, a deciduous tree species. *Plant Physiology*, 93, 864-870.

BÖLÜM 11

LİMON KEKİĞİ (*Thymus citriodorus*)

Doç. Dr. Doğan ARSLAN^{1*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14576135>

¹Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Siirt, Türkiye.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7156-5269>

*sorumlu yazar:doganarslan@siirt.edu.tr,

1. GİRİŞ

Limon kekiği (*Thymus × citriodorus* (Pers.) Schreb.), Akdeniz kökenli bir bitki olup, aromatik ve tıbbi özellikleri sayesinde önemli bir ekonomik potansiyele sahiptir. Limon kekiği, özellikle limon kokusu ve yüksek uçucu yağ içeriği nedeniyle son yıllarda kozmetik, gıda ve ilaç sanayisinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu bitkinin içerdiği geraniol, timol ve karvakrol gibi aktif bileşenler antimikrobiyal, antioksidan ve anti-inflamatuvar özellikler taşıyarak endüstriyel kullanım potansiyelini artırmaktadır. Limon kekiği (Şekil 1), zengin kimyasal bileşemi nedeniyle dikkat çekmektedir. Yapılan çalışmalar, bitkinin özellikle geraniol ve linalool gibi monoterpenleri baskın olarak taşıdığını ve bu bileşenlerin antimikrobiyal etkileri sayesinde gıda muhafazasında doğal alternatifler sunduğunu ortaya koymuştur. Aynı zamanda, timol ve karvakrol içeriği sayesinde antiseptik özellikler göstererek gıda ve ilaç sanayisinde kullanılmaktadır. Bu bitkinin biyolojik dayanıklılığı, özellikle su kıtlığı yaşanan bölgelerde öne çıkmaktadır. Limon kekiği, kuraklık stresine dayanıklı olması nedeniyle su kaynaklarını verimli kullanma potansiyeline sahiptir. Limon kekiği, ekonomik olarak yüksek bir değere sahiptir. Uçucu yağlarının ticari kullanımı, özellikle kozmetik, gıda ve ilaç sanayilerinde artan talep sayesinde büyümektedir. Yapılan araştırmalara göre, uçucu yağların içerdiği aktif bileşenler doğal koruyucu ve antioksidan olarak özellikle gıda endüstrisi için cazip bir alternatif sunmaktadır. Ek olarak, kırsal bölgelerde limon kekiği yetiştiriciliği yerel ekonomilere önemli katkılar sağlama potansiyeli yüksektir. Özellikle kurak ve sınırlı su kaynaklarına sahip bölgelerde limon kekiğinin yetiştirilebilmesi, tarımsal süreçlerde sürdürülebilirliği destekleyecektir. Su kıtlığına dayanıklılığı ve düşük girdi ihtiyacı, bu bitkinin gelecekte daha yaygın olarak tarıma dâhil edilmesini sağlayabilir. Kurakçıl tarımda yüksek verimliliği ve doğal bileşenlerinin sanayideki kullanımı, bu bitkinin ekonomik olarak cazip bir alternatif haline gelmesini sağlamaktadır. Araştırmalar, limon kekiğinin çeşitli sanayilerde sürdürülebilir bir ham made kaynağı olarak kullanılabileceğini vurgulamaktadır (Köse, 2007; Sarıhan, 2019; Tátrai vd., 2016; Oliveira vd., 2023).

Bu çalışma, limon kekiğinin biyolojik, kimyasal ve ekonomik yönlerinin incelenmesiyle, sürdürülebilir kalkınmaya olan katkısını ortaya koymaktadır.

Limon kekiğinin dayanıklılığı ve ekonomik potansiyeli, tarımda su kaynaklarının etkin kullanımına olanak sağlayarak gelecekteki tarımsal uygulamalar için kritik bir rol oynayabilir.



Şekil 1: *Thymus citriodorus*

(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/29/Starr_070906-8846_Thymus_citriodorus.jpg/220px-Starr_070906-8846_Thymus_citriodorus.jpg)

2. BOTANİK ÖZELLİKLERİ

Thymus × citriodorus, çok yıllık, herdem yeşil, tüylü ve dik bir çalıdır. Boyu 30 cm'ye kadar ulaşabilir. Yaprakları dar, ovalden mızrağa benzer şekildedir ve genellikle yeşil renklidir. Bazı çeşitlerinde sarı ve beyaz desenler görülebilir. Çiçekleri beyaz veya hafif pembe renkli olup, yaz aylarında çiçek açar (Şekil 2). İyi drene edilmiş, tercihen kireçli ve güneşli topraklarda yetişir. Tohumdan daha çok otsu gövde çelikleriyle çoğaltılması tercih edilir, bu da hibrit statüsüyle ilişkili heterojen özelliklerin azaltılmasına yardımcı olur. Kendine özgü limon benzeri bir aroma ve hafif tatlı çiçeksi bir kokuya sahiptir, bu da onu diğer *Thymus* türlerinden ayırır (Oliveira vd., 2023).



Şekil 2: *Thymus citriodorus*

(https://awesomeplants.com.au/cdn/shop/files/0280320_thymus-citriodorus.jpg?v=1728550616&width=1100)

3. HABİTATI VE EKOLOJİK İSTEKLERİ

Genellikle Akdeniz Bölgesi'nde yaygın olarak bulunan bu bitkinin doğal habitatu, kurak ve yarı kurak alanlardır. Güney Avrupa ve Akdeniz iklim kuşağındaki bölgelerde kayalık, taşlık yamaç yerlerde ve güneşli açık alanlarda yayılış gösterir. Bahçelerde ve tarımsal alanlarda yetiştiriciliği yapılan bu tür türler arası bir hibrit olup, *Thymus vulgaris* (Adi kekik) ve *Thymus pulegioides*'in doğal bir hibriti olarak kabul edilir. Limon kekiği, diğer kekik türlerinde olduğu gibi oldukça dayanıklı bir bitkidir ve zor çevre koşullarına adapte olabilir. Akdeniz iklimi bitkisidir. Sıcak ve kurak yazları, ılıman kışları tercih eder. Soğuklara karşı belirli bir direnç gösterse de, şiddetli donlardan korunmalıdır. İyi drenajlı, hafif asidik veya nötr toprakları tercih eder. Kireçli ve kumlu topraklarda daha iyi gelişim gösterir. Su tutmayan, geçirgen topraklar idealdir. Aşırı su tutan topraklarda kök çürümesi riski artar. Tam güneş ışığı alan alanları sever. Yarı gölge alanlarda da yetişebilir ancak uçucu yağ üretimi için tam güneş alan alanlar tercih edilmelidir. Kuraklığa dayanıklı bir bitkidir.

Aşırı sulamadan kaçınılmalıdır. Toprağın tamamen kurumasına izin verildikten sonra sulama yapılması önerilir. Deniz seviyesinden yüksekte de yetişebilir, ancak 500-1000 metre rakımlarda en iyi gelişimi gösterir. Limon kekiği, düşük su ihtiyacı sayesinde kurakçıl peyzaj (xeriscape) düzenlemelerinde sıkça kullanılmaktadır. Arılar için önemli bir bitki olup çiçekleri nektar açısından zengin olduğu için arılar için değerli bir besin kaynağıdır (Şahin 2013; Tátraı vd., 2016; Toncer vd., 2017; Bozdemir 2019; Jurevičiūtė vd., 2019; Katar ve Katar 2020; Taghouti vd., 2020).

4. YETİŞTİRİCİLİĞİ

Akdeniz iklimine uygun bir bitki olup sıcak ve kuru yaz aylarında iyi gelişim gösterir. Kışları ılıman geçen bölgelerde çok daha verimli yetişir. Şiddetli donlara karşı orta derecede dayanıklıdır. Buna mukabil -5°C altındaki sıcaklıklardan korunmalıdır. Çok sert kış koşulları yetiştiriciliği için uygun değildir. Toprak istekleri bakımından iyi drenajlı toprakları tercih eden bitkinin üretiminde su tutan topraklardan kaçınılmalıdır. Kumlu, hafif kireçli ve nötr ya da hafif asidik pH'lı (6-7) topraklarda ideal gelişim göstermekle beraber organik maddece zengin olmayan fakir topraklara bile uyum sağlayabilen *T. citriodorus* türü ışık ihtiyacı açısından tam güneş ışığı altında yetiştirildiğinde daha iyi uçucu yağ üretir. Yarı gölge ortamlarda da büyür ancak verim ve kalite düşebilir. Bundan dolayı tarımı için mümkün mertebe yarı gölge ortamlar tercih edilmemelidir. Toprak hazırlığı için tarlanın ekimden önce derin sürülmesi ve yabancı otlardan temizlenmesi gereklidir. Hafif taşlı ya da kayalık alanların tercih edilmesi daha uygundur. Böyle durumlarda organik gübre (çiftlik gübresi) veya kompost kullanılarak toprak zenginleştirilebilir. Toprak analizi yapılmadan kimyasal gübre kullanımından kaçınılmalıdır. İlk dikim sırasında fosforlu gübre kullanılabilir. Büyüme döneminde azotlu gübreleme (az miktarda) uygulanabilir. Organik gübre veya kompost, uzun vadede toprak verimliliğini artıracaktır. Üretimi tohum, fide ya da çelikle yapılabilen *T. citriodorus*'da üretim tohum ile yapılacaksa tohumlar ilkbahar başında doğrudan tarlaya ya da fide yastıklarına ekilebilir. Tohumla üretimde ekim derinliği ekim derinliği 0,5-1 cm arasında olmalıdır. Ekimi yapılan tohumlar 1-2 hafta arasında çimlenirler. Çimlenme için optimum sıcaklık 18-20°C arasında değişmektedir. Fide dikimi yolu ile üretim yapılması planlanıyorsa tohumlar fideliğe erken ilbaharda ekilir ve 6-8 hafta sonra tarlaya şaşırtılır. Fide

dikiminde 20-30 cm sıra üzeri, 40-50 cm sıra arası olmasına dikkat edilmelidir. Çelik ile üretimde sağlıklı bitkilerden yaz ortasında çelik alınır; alınan çelikler nemli ve gölgeli bir köklendirme ortamına dikilir. 2-3 hafta içinde köklenen çelikler tarlaya aktarılır. Kuraklığa dayanıklı bir bitki olan *T. citriodorus* tarımında fide ya da çelik dikimi yapılmışsa ilk dikim sonrası mutlaka can suyu verilmelidir. Yetişkin bitkilerde aşırı sulamadan kaçınılmalıdır, kök çürümesine neden olabilir. Damla sulama sistemi en uygun sulama yöntemidir. *T. citriodorus*'da hasat çiçeklenme döneminde yapılır. Hasat sırasında yaprak ve çiçek kısımları toplanır, gövdenin alt kısmı bırakılır. İlk hasat dönemi bölgeye ve iklime göre değişmekle beraber ilkbahar sonu ve yaz başıdır. Bitki, yılda 2-3 kez hasat edilebilir. Hasat edilen yaş droglar gölge ve havadar bir ortamda kurutulmalıdır. Uçucu yağ kaybını önlemek için hızlı ve dikkatli kurutma yapılır. Taze herba verimi: 300-500 kg/da, Kuru herba verimi: 100-150 kg/da ve Uçucu yağ oranı da: %1-2 civarında değişim gösterir. Çok fazla hastalık ve zararlısı olmayan limon kekiğinde karşılaşılabilen sorunlar genelde kök çürüklüğü hastalığı (aşırı sulamadan kaynaklanır); yaprak bitleri ve örümcek akarları gibi zararlılardır. Böyle durumlarda organik kökenli pestisitler veya biyolojik mücadele yöntemlerinin kullanılması uygun olacaktır (Tátrai vd., 2016; Toncer vd., 2017; Bozdemir 2019; Katar ve Katar 2020; Oliveira vd., 2023).

KAYNAKÇA

- Bozdemir, Ç. (2019). Türkiye’de yetişen kekik türleri, ekonomik önemi ve kullanım alanları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 583-594.
- Jurevičiūtė, R., Ložienė, K., Bruno, M., Maggio, A., & Rosselli, S. (2019). Composition of essential oil of lemon thyme (*Thymus × citriodorus*) at different hydrodistillation times. *Natural Product Research*, 33(1), 80–88.
- Katar, N., & Katar, D. (2020). Eskişehir ekolojik koşullarında farklı hasat zamanlarının limon kekiğinin (*Thymus citriodorus* L.) verim ve kalitesi üzerine etkisi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(1), 93–105.
- Köse, F. (2007). Turuncgillerde hasat sonrası patojenlere karşı bazı bitki uçucu yağlarının antifungal etkinliği. Yüksek lisans tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, Türkiye.
- Oliveira, A. S., Cavaleiro, C., Martinez-de-Oliveira, J., & Palmeira-de-Oliveira, A. (2023). *Thymus × citriodorus*: An emerging aromatic and medicinal hybrid plant with relevant bioactive potential. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 33(6), 1089-1109.
- Sarıhan, B. (2019). Farklı kurutma metotlarının bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye.
- Şahin, N. (2013). Kurakçıl peyzaj düzenlemesinde suyun etkin ve akılcı kullanımı – Xeriscape. Yüksek lisans tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye.
- Tátrai, T., & Toncer, Ö. (2024). Morphological and physiological plant responses to drought stress in *Thymus × citriodorus*. *Journal of Drought Stress Studies*, 12(2), 45-59.
- Taghouti, M., Martins-Gomes, C., Félix, L. M., Schäfer, J., Santos, J. A., Bunzel, M., Nunes, F. M., & Silva, A. M. (2020). Polyphenol composition and biological activity of *Thymus citriodorus* and *Thymus vulgaris*: Comparison with endemic Iberian *Thymus* species. *Food Chemistry*, 331, 127362.
- Toncer, O., Karaman, S., Dıraz, E., Sogut, T., & Kızıl, S. (2017). Essential oil composition of *Thymus × citriodorus* (Pers.) Schreb. at different harvest stages. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 45(1), 185-189.

BÖLÜM 12

KOYUNCULUK İŞLETMELERİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Prof. Dr. Duygu AKTÜRK^{1*}

Zir. Yük. Müh. Furkan GÜVEN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14576190>

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, 17020 Çanakkale-Türkiye ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5457-7687>

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 17020 Çanakkale-Türkiye ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-8547-7659>

*sorumlu yazar: akturk@comu.edu.tr

1. GİRİŞ

Koyun yetiştiriciliği faaliyeti insanlığın ihtiyaç duyduğu bazı gereksinimleri doğrudan karşılayabilecek (sütü, eti ve yapağısı ile) hayvansal üretim faaliyetlerinden biri olmakla beraber verimli bitkisel üretim gerçekleştirmeye uygun olmayan arazilerin ve verim konusunda sıkıntı yaşayan meraların değerlendirilmesi yönünden de önemli bir alternatif olarak görülmektedir. Koyun yetiştiriciliği düşük sermayeye sahip olan ve aile işletmesi vasfında olan işletmelere ekonomik açıdan gelir kapısı ve uğraş alanı olması yanında, işgücünü değerlendirme olanağı sağlamaktadır. Ayrıca koyunculuk günümüzde kırsal alanda karşımıza çıkan en büyük problemlerden biri olan kırsal nüfusun azalması ve kırsaldaki nüfusun kentsel alana kaymasının yani göçün azalmasına katkıda bulunması açısından da önemlidir (Şahin vd. 2002).

Hayvansal kaynaklı gıdalar, insan beslenmesinde temel besin öğeleri arasında önemli bir yer tutmaktadır. Bu gıdalar, vücudun sağlıklı bir şekilde gelişmesi için gerekli olan sekiz temel aminoasidi yeterli miktarda içermektedir (TİGEM 2023). Ancak, dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte, hayvansal gıda üretimi yetersiz kalmakta ve bu durum, birçok kişinin yeterli beslenmesini engellemektedir. Sonuç olarak, insanlar, hayvansal gıdalara erişimde zorluk yaşayarak yetersiz beslenme sorunlarıyla karşılaşmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından yapılan açıklamaya göre, sağlıklı bir bireyin her kilogram vücut ağırlığı için günlük 1 gram protein alması gerektiği ve bu proteinin en az %42'sinin hayvansal gıdalardan sağlanması gerektiği önerilmektedir (TİGEM 2023).

Dünya genelinde koyun yetiştiriciliği ve koyun kökenli ürünler, ekonomik açıdan önemli ölçüde getirisi olan bir alandır. En önemlisi beslenme bakımından koyun ürünleri sevilen ve tüketilen ayrıca üretici açısından yüksek fiyatla satılan değerli gıda maddeleridir (Koca 2014).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre 2022 yılında dünya genelinde toplam koyun sayısı 1.322 milyar baştır. Ülkeler arasında koyun varlığı bakımından ilk sırada Çin 194.03 milyon baş ile yer alırken, bunu sırasıyla Hindistan, Avustralya, İran, Nijerya, Çad ve Türkiye takip etmektedir. Dünya genelinde en çok koyun varlığı Asya kıtasında bulunmaktadır (FAO

2022). Türkiye’de ise 2023 yılı verilerine göre ise yaklaşık olarak 44.7 milyon koyun varlığı bulunmaktadır (TÜİK 2023).

Türkiye’de koyun yetiştiriciliği, uzun bir geçmişe sahip ve köklü bir kültürdür. Kırsal bölgelerde yaşayan birçok ailenin, koyun yetiştiriciliğiyle ilgili bir geçmişi bulunmaktadır. Geçmişte, koyun yetiştiriciliği sadece ekonomik bir faaliyet olmanın ötesinde, aynı zamanda kültürel bir gelenek ve aile hayatının ayrılmaz bir parçasıydı. Aileler, büyük ölçüde hayvanlarla iç içe yaşamış ve hayvan bakımı, onların günlük yaşamlarının önemli bir parçası olmuştur. Koyun yetiştiriciliği, büyükbaş hayvanlardan farklı olarak, daha düşük verimli çayır, mera ve yaylak alanlarından daha iyi yararlanabilmesi, bakımının nispeten kolay olması gibi avantajlara sahiptir, bu da onu tercih edilen bir üretim dalı haline getirmiştir. Günümüzde de koyun yetiştiriciliği, genellikle aile işletmeciliği biçiminde sürdürülmektedir. Koyunların kısa üreme süreleri ve yemden daha verimli yararlanabilme yetenekleri, koyun yetiştiriciliği yapılan bölgelerde bu faaliyetlerin yaygınlığını artırmıştır. (Çiçek vd. 2022).

Bu çalışmada, Balıkesir İli Balya İlçesinde faaliyet gösteren koyunculuk işletmelerinin mevcut durumlarının tespit edilmesi, koyunculuk üretim faaliyetinin ekonomik analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda koyun yetiştiriciliğinin üretim süreçlerini ve bu üretim sürecindeki işletmelerdeki verileri analiz edilerek işletmelerin ekonomik olarak daha verimli ve kazançlı olması için karşılarına çıkan problemlere çözüm yolları bulmak amaçlanmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmanın materyalini Balıkesir İli Balya İlçesi koyun yetiştiriciliği ile uğraşan Balıkesir İli Damızlık Koyun ve Keçi Yetiştiricileri Birliği’ne üye olan işletmeler ile yapılan anketlerden toplanan veriler oluşturmuştur. İlçeye bağlı koyunculuk faaliyetini yoğun olarak yapan doğal faktörler ve üretim tekniği homojen olan 7 köy gayeli olarak seçilmiştir. Araştırma alanında koyunculuk faaliyeti ile uğraşan bütün işletmeler araştırmanın popülasyonunu oluşturmuştur. Bu popülasyonda örnek işletmelerin sayısı hesaplanırken örnekleme birimi olarak, 2 yaşını doldurmuş anaç koyun sayısı esas alınmıştır. Bu doğrultuda Balıkesir Damızlık Koyun ve Keçi Yetiştiriciliği Birliğinden alınan veriler doğrultusunda, en az 25 koç altı koyunu ve daha fazla başa sahip olan işletmeler koç altı koyun sayısı itibarıyla belirlenmiş ve popülasyonu bu

işletmeler belirlemiştir. Bu popülasyonda koç altı koyun sayısı kriter alınarak, örnek hacmi Basit Tesadüfi Örneklem yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Popülasyonu oluşturan işletme sayısı ise 405 olarak saptanmıştır.

Basit Tesadüfi Örneklem Yöntemine göre, işletme popülasyonundan örnek seçimi işlemi yapılmıştır (Yamane 1967). Kullanılan formül aşağıda verilmiştir.

$$n = \frac{N \cdot \sigma^2}{(N-1) \cdot D^2 + \sigma^2}$$

Formülde;

n = Örneklem büyüklüğünü

N = Popülasyondaki işletme sayısını

σ^2 = Popülasyon varyansı

D = (d / t)

t = Belli bir güven aralığı için t değerini

d = Kabul edilebilir hata payı.

Örneklem hacminin belirlenmesinde güven aralığı %90 ve hata payı %10 olarak çalışılmıştır. Popülasyondan Basit Tesadüfi Örneklem yöntemine göre örnek seçilmesi sonucunda örnek sayısı 79 olarak hesaplanmıştır.

Her gruptan örneğe girecek işletmeler tesadüfi olarak belirlenmiştir. Ayrıca örnek hacminin ise %25'i kadar yedek belirlenmiş ve köylerde ise anket yapılacak örnek işletmeciler bulunmadığı durumlarda yedek işletmeciler ile anket yapılmıştır. Araştırmanın amacına uygun olarak hazırlanmış anket formları araştırmacı tarafından kişisel görüşme yoluyla yapılmıştır. Böylece analize esas teşkil edecek birincil verilere çiftçi ailelerden elde edilmiştir.

İşletmelerin ekonomik analizinde, işletmelerin fiziki, mali ve muhasebe kayıtlarını tutmadıklarından işletmelerin analizleri için ihtiyaç olan veriler, kişisel görüşmeye dayalı olan anket yöntemine başvurulmuştur.

Örneklem ile tespit edilmiş olan 79 işletmenin bulunduğu köylere gidilmiş ve anketlerdeki sorular işletme sahiplerine sorulmuştur. Sahibi bulunamamış veya çeşitli sebeplerden dolayı bilgi vermektan kaçınan işletmelerin yerine yedek olan işletmeler dahil edilmiştir. İşletmecilere yabancı

işgücü durumu, işletmedeki nüfus varlığı, işgücü varlığı, bitki alet makine sermayesi, arazi varlığı ve tasarruf şekli, bitkisel üretim değeri, hayvansal üretim değeri, değişen masraflar, hayvansal üretimde değişen masraflar, hayvan varlığı, koyun sütünün pazara arz ve kullanım şekli ve durumu, koyun yetiştiriciliği ile ilgili uygulamalar, koyun yetiştiriciliğinde işgücü ihtiyacına yönelik sorular sorulmuş ve işletmenin bütünü hakkında detaylı bilgi elde edilmiştir. İşgücü ihtiyaçları işletmelerde aile nüfusu ve iş gücü varlığı ile koyunculuk faaliyetinde fiilen çalışanlar belirlenerek erkek iş saati cinsinden verilmiş ve işgücünün erkek iş birimine (EİB) çevrilerek hesaplanmıştır. (Erkuş vd. 1995). İşletmelerin sahip oldukları hayvan varlığı büyükbaş hayvan birimi (BBHB) cinsinden verilmiş olup, BBHB'ne çevirmede aşağıdaki katsayılar kullanılmıştır (Erkuş vd. 1995).

Koç: 0,12 Koyun: 0,10 Toklu: 0,08 Kuzu: 0,05

Değişen masraflar, işletmedeki üretim miktarlarına bağlı olup, bu masraflar üretim yapılırsa ortaya çıkmaktadır. Araştırma kapsamına giren işletmelerin değişen masrafları, hayvansal üretimde ve bitkisel üretimde ortaya çıkan değişen masrafların toplanması ile elde edilmektedir.

Bitkisel üretimde değişen masraflar; mazot, ilaç, gübre, yağ, su, tamir-bakım, tohum kalemleri ve geçici işçilik kalemleri oluşturmaktadır. Hayvansal üretimde değişen masraflar ise; tuz, kaba ve kesif yem, işçilik masrafları, su bedeli, aşı ve veteriner ücreti, ilaç, sigorta, aydınlatma, pazarlama, suni tohumlama, sürü yenileme, pazarlama, dezenfeksiyon masraflarından oluşmaktadır.

İşletmelerde sabit masraflar; işletmelerdeki üretim miktarları ilgili olmayan yapılmış masraflardır. Sabit masraflar, işletmelerdeki üretim araçlarının varlığı ile var olduklarından, hiçbir üretim olmasa bile oluşmaktadırlar. Arazi kirası, amortismanlar, faiz, daimi işçi ücretleri, bina-tamir bakım masrafları, vergiler ve sigorta örnek olabilir (Erkuş vd. 1995; Oğuz vd. 2014).

Amortisman hesabında; bina, arazi ıslahı, alet makine ve irat hayvanları esas alınır, hayvanlarda amortismanla bağlı değer, damızlık değerden kasaplık değer düşülerek bulunur. Büyüme çağındaki olan genç hayvanlarda belirli bir yaşa

kadar kıymet artışı olduğundan, genç olan hayvanlar için amortisman ayrılmamıştır (Erkuş vd. 1995; Oğuz vd. 2014).

Hayvan amortismanı = ((Damızlık Değer-Kasaplık Değer) / Ekonomik Ömür)

Hayvan Sermayesi Faizi = (((Damızlık Değer-Kasaplık Değer) / 2 + Kasaplık Değer) x Faiz) formülleri ile bulunmaktadır.

İşletmelerde genel idare giderleri değişken masraflar toplamının %3 dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Prodüktif demirbaş kıymet artışının hesaplanmasında işletmelerdeki sene başı ve sene sonu hayvan varlığı yıl sonu fiyatları ile kıymetlendirilmiş, fiyat artışları nedeniyle ortaya çıkan değerler elimine edilmiştir. Yıl içerisinde meydana gelen hareketler dikkate alınarak sürü hareket tablosu hazırlanmıştır. Çağ değiştirme nedeniyle meydana çıkan prodüktif demirbaş kıymet artışı veya azalışı hesaplanarak, artış olması durumunda Gayri Safi Üretim Değeri'ne (GSÜD) ilave edilmiştir (Kıral vd. 1986; Erkuş vd. 1995; Kıral vd. 1999).

İşletmelerin yıllık ortalama üretim gelirini hesaplamak için; Günlük hayvan başına ortalama süt verimi ile ortalama hayvan sayısı ve ortalama laktasyon süresi çarpılarak bulunmaktadır.

Çalışmada koyunculuk üretim faaliyetinin Brüt Üretim Değeri hesaplanmış ve brüt üretim değerinden koyunculuk faaliyetine ait masraflar çıkarılarak net kâr hesaplanmıştır. Ayrıca işletmenin sabit kaynaklarının geliri olarak ifade edilen brüt kâr hesaplanmıştır (İnan 1992). Söz konusu brüt kâr hesaplanırken koyunculuk faaliyetine ait sabit masraf kalemleri (kiracılık ve ortakçılık bedelleri, amortismanlar, genel idare giderleri vs.), aile iş gücü ücret karşılıkları ve sermaye faizi karşılıkları hariç olmak üzere değişken giderler dikkate alınmıştır. İşletmelerin tamamına yönelik analizlerde net kâra işletmecinin ve diğer ailedeki kişilerin iş gücü ücret karşılığı eklendiğinde işletme geliri hesaplanmaktadır. Bu gelir işletmeci ve ailesinin emek ücreti, işletme yönetim ücreti ve öz sermayenin karşılığıdır (İnan 1992). Bu düşünceden hareketle koyun yetiştiriciliği üretim dallarının net kârına aile iş gücü ücret karşılığı da dahil edilerek üretim dalı faaliyet geliri hesaplanmıştır (Çiçek vd. 2022). Envanter değişiminin hesaplanmasında yılbaşı ve yıl sonu hayvan sayısındaki farkın değeri ile prodüktif değişimler dikkate alınmıştır.

Genel idare giderleri olarak değişken masrafların %3'ü alınmıştır. Sermaye faizi hesaplanmasında varlık değerlerinin yarısı üzerinden reel faiz oranı (%5) kullanılmıştır (Kıral vd. 1999; Oğuz vd. 2014).

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. İşletmeciler ile İlgili Genel Özellikler

Koyun yetiştiriciliği ile uğraşan işletmecilerin öncelikle genel özellikleri incelenmiştir. İncelenen işletmecilerin yaşları Tablo 1'de verilmiştir. İşletmecilerin %59,68'i 45-60 yaş aralığındadır. İşletmelerde 30 yaş altı işletmeci %1,26, 30-44 yaş aralığında %27,72 ve 60 yaş üstü işletmeci sayısının diğer işletmelerdeki yaş gruplarına oranı ise %11,34'dür. İşletmecilerin ortalama yaşı 49,54 olarak bulunmuştur. Şanlıurfa ilinde yapılan bir çalışmada ise işletmecilerin yaş ortalaması 47,08 olarak belirlenmiştir (Karadaş 2017). Çanakkale ili Gökçeada ilçesinden yürütülen bir çalışmada koyunculuk faaliyeti ile uğraşan işletmecilerin yaş ortalamasının 48,2 olduğu belirlenmiştir (Özsayın vd. 2019). Bir diğer çalışmada ise İzmir ilinde koyunculuk faaliyetinde bulunan işletmecilerin ortalama yaşı 49,74 olarak bulunmuştur (Keskinkılıç 2019).

İşletmecilerin %79,76'sının eğitim durumu lisedir. Üniversite mezunlarının oranı %3,79 ile en düşük orana sahiptir. Bunları takiben ilköğretim mezunu %8,86, ortaokul mezunu ise %7,79'dur. İşletmecilerin tamamının okur-yazar olduğu belirlenmiştir. Çanakkale ili Gökçeada ilçesinde yapılan benzer çalışmada üreticilerin %47,2'sinin ilköğretim mezunu, %23,2'sinin ortaokul mezunu, %20,8'inin lise mezunu, %3,2'sinin yüksekokul mezunu, %5,6'sının üniversite mezunu olduğu bulunmuştur (Özsayın vd. 2019). İzmir'de yapılan bir çalışmada ise incelenen işletmelerde en fazla ilköğretim mezunu (%80,95) bulunmaktadır. Bunu sırasıyla %7,95 ile lise, %2,38 ile üniversite mezunu olanlar izlemektedir. Yapılan çalışmada okur-yazar olmayan işletmecinin oranı ise %3,17'dir (Keskinkılıç 2019). Yapılan bir diğer çalışmada ise, Burdur ilindeki işletmecilerin %90,13'ü ilköğretim, %7,7'si lise, %0,5'i üniversite mezunu oldukları belirlenmiştir. Okur-yazar olmayanların oranı ise %1,5'tir (Bilginturan vd. 2009). İşletmelerde eğitim düzeyinin yüksek olması kendilerini geliştirmek ve koyunculuk faaliyetindeki başarılarını arttırmada büyük rol oynamaktadır.

İncelenen işletmelerde ortalama hane halkı sayısı 3,3'tür. İşletmelerde yoğunluk olarak %35,44 işletmede ailedeki fert sayısı 3 kişidir. İşletmelerde 2 ve 4 kişi ise %24,05 işletmede görülmüş olup en az ise %16,46 işletmede ailede 5 kişi yaşamaktadır. Çanakkale ili Gökçeada ilçesinde yapılan bir çalışmada ortalama hane halkı sayısı 4,2 kişi olarak belirlenmiştir (Özsayın vd. 2019). Şanlıurfa'da yapılan bir çalışmada ise ortalama hane halkının sayısı 7,9 kişi bulunmuştur ve Türkiye'nin ortalaması ise 3,8 kişidir. Bu oran yapılan çalışma ile uyumludur. Fakat Şanlıurfa'da ki hane halkı sayısı oldukça ortalamadan çok üzerindedir.

İşletmecilerin tarımsal deneyimleri gerçekleştirdikleri üretim faaliyeti açısından son derece önemlidir. İncelenen işletmecilerin tarımsal deneyimleri ortalama olarak 30,54 yıl olarak saptanmış ve koyunculuk deneyimi ise 27,51 yıl olarak belirlenmiştir (Tablo 1). İşletmelerin genel tarımsal deneyim ve koyunculuk deneyimi bakımından birbirine yakın olduğu görülmüş fakat bazı işletmelerin koyunculuk faaliyetine sonradan başladığı ya da diğer hayvancılık faaliyeti ile uğraştıkları belirtilmiştir. İzmir ilinde yapılan bir çalışmada işletmecilerin tarımsal deneyimleri ortalama olarak 32,94 yıldır. Koyunculuk faaliyeti deneyimleri ise 31,27 yıldır (Keskinlik 2019). İşletmecilerin tarımsal deneyimleri bölgeden bölgeye değişiklik gösterebilmektedir.

Üreticilerin tamamının sosyal güvencesinin olduğu tespit edilmiştir. SSK güvencesine sahip işletmecilerin oranı %51,89 ve bağ kur güvencesine üreticilerin oranı ise %46,83'tür. Emekli sandığına bağlı bir üreticinin olduğu belirlenmiştir. İşletmecilerin devlet destekleri hakkında bilgi durumu incelendiğinde, işletmecilerin %40,50'sinin bilgi sahibi olmakla birlikte yeterli bilgiye sahip olmadıkları, %58,25'inin ise yeteri kadar bilgi sahibi olduğunu ve işletmecilerden 1 kişinin ise hiç bilgisi olmadığı görülmüştür. İşletmelerin büyük bir çoğunluğun hayvan sigortası yaptırmadığı sadece 3 işletmede (%3,79) hayvan sigortasının yapıldığı görülmüştür. İzmir ilinde yapılan bir çalışmada ise işletmecilerin hayvan kayıplarına karşı hayvan sigortasını yaptırmadıklarını ve hayvan sigortasının gereksiz olduğunu belirtmişlerdir (Keskinlik 2019).

İşletmelerde kayıt tutma mevcut durumunun belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. İşletmelerin %64,56'sı yıl içindeki kayıtları tuttuğu %35,44'ünün ise kayıt tutmadığı belirlenmiştir. İzmir'de yapılan bir çalışmada

işletmelerin %82,54'ünün hiçbir şekilde kayıt tutmadıklarını belirtmişlerdir (Keskinlikç 2019). Yapılan bir diğer araştırmaya göre Konya iline bağlı faaliyet gösteren 3 ilçedeki işletmecilerin %100'ünün kayıt tuttukları belirtilmiştir (Arıntunca 2019). İşletmecilerdeki kayıt tutma durumları eğitim ve bölgelere farklılık gösterebilmektedir. İşletmecilerin %64,56'sı doğum kayıtlarını, %56,96'sı ölüm kayıtlarını, %24,05'i hastalık-aşı kayıtlarını, %25,31'i ilaç kayıtlarını ve %8,86'sı ise diğer kayıtları tutmaktadır. Hastalık, aşı doğum, ölüm ve ilaç gibi kayıtların tutulması işletmelerdeki sağlık ile ilgili oluşabilecek sorunların önlenmesine yardımcı olmaktadır.

Tablo 1. İncelenen işletmelerin ve işletmecilerin genel özellikleri

	İşletmeci Sayısı	%
Yaş Ortalaması (Yıl)	49,54	
Yaş Aralığı	≤ 30	1,26
	30-44	27,72
	45-60	59,68
	≥ 60	11,34
Eğitim Durumu	İlkokul	8,86
	Ortaokul	7,59
	Lise	79,76
	Üniversite	3,79
Hane Halkı Sayısı	2	24,05
	3	35,44
	4	24,05
	5	16,46
Tarımsal Tecrübesi (Yıl)	30,54	
Koyunculuk Tecrübesi(Yıl)	27,51	
Sosyal Güvence Durumu	SSK	51,90
	Bağ kur	46,83
	Emekli Sandığı	1,27
Devlet Destekleri Bilgi Durumu	Var ama yeteri kadar değil	40,50
	Yeteri kadar var	58,24
	Hiç bilgim yok	1,26
Hayvan Sigortası Yaptırma Durumu	Evet	3,79
	Hayır	96,21
İşletme Kayıt Tutma Durumu	Evet	64,56
	Hayır	35,44
İşletme Kayıt Tutma Şekilleri	Doğum	64,56
	Ölüm	56,96
	Hastalık, Aşı	24,05
	İlaç	25,31
	Diğer	8,86

İşletmelerde mevcut hayvan varlığı Tablo 2’de verilmiştir. İşletmelerin ortalama hayvan mevcutları incelendiğinde 72,43 adet koyun, 5,16 adet toklu, 100,24 adet kuzu ve 2,66 adet koç varlığı bulunmuştur. İşletmelerin büyükbaş hayvan birimi cinsinden ortalaması ise 12,98 birim (BBHB) olarak hesaplanmıştır. Buna göre işletmelerde BBHB cinsinden ortalama sürü varlığının %55,78’i koyun , %3,16’sı toklu , %38,60’ı kuzu ve %2,47’si ise koçtur. Koçbaşına ise ortalama 27,22 adet damızlık koyun düşmektedir. İzmir’de yapılan bir çalışmada işletmelerdeki ortalama hayvan varlığı mevcutları, 72,56 adet koyun, 13,25 adet toklu, 11,02 adet kuzu ve 3,16 adet koç varlığı tespit edilmiştir (Keskinç 2019). Yapılan bir diğer çalışmada ise Hakkâri ilindeki işletmelerde ortalama hayvan varlığı ise, 96 adet koyun, 86 adet kuzu ve 6 adet koç bulunduğu tespit edilmiştir (Karadaş 2018). İşletmelerdeki hayvan varlıkları işletme büyüklüklerine göre değişmekte olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 2: İşletmelerde hayvan varlığı

Hayvan Türü	Hayvan Varlığı	BBHB	%
Koyun	72,43	7,24	55,78
Toklu	5,16	0,41	3,16
Kuzu	100,24	5,01	38,60
Koç	2,66	0,32	2,47
Toplam	180,49	12,98	100

Koyun üretim faaliyetlerini gerçekleştiren işletmelerin teknik verileri Tablo 3’te verilmiştir. İşletmelerde ortalama sağımı yapılan koyun sayısı 72,43 baştır. Hayvanların sağım süreleri ise 85,12 gün olup, günlük süt verimleri 1.46 litredir. İşletmelerin ortalama sürü büyüklüğü 180,49 baştır. Sürüden ayıklanma yaşı 7 yıldır. İşletmelerdeki kuzu verimi %138,39 olarak belirlenmiş, işletmelerde sürülerin merada kalma süreleri ise 12 aydır. Üretilen koyun sütünün %85.4’ü çiğ süt olarak mandıralara pazarlanmakta geri kalan %14.6’sı ise işletmede peynir, tereyağı ve yoğurt yapımında kullanılmaktadır. İzmir ilinde yapılan bir çalışmada günlük süt verimi 0,71 litre, laktasyon süresi ise 95 gün, ayıklama yaşı 5,63 yıldır (Keskinç 2019). Süt üretimi hayvanlarda beslenme koşulları merada otlama süreleri ve ırk özelliklerine göre değişiklik gösterdiğinden bölgelere ve işletmelere göre farklılık göstermektedir.

Tablo 3: İncelenen işletmelerin teknik özellikleri

Teknik Veriler İşletme Ortalaması	İşletmeler Ortalaması
Süt Verimi (Lt / Baş / Gün)	1,46
Sürü Büyüklüğü (Baş)	180,49
Sürü Büyüklüğü (BBHB)	12,98
Sağılan Hayvan Sayısı	72,43
Ortalama Sağım Süresi (Gün)	85,12
Ayıklama Yaşı (Yıl)	7
Kuzu Verimi (%)	138,39
Mera Süresi (Ay)	12
Süt Pazarlama Oranı (%)	99,21

İşletmelerin kendi yem bitkilerini üretmeleri dışı bağımlılığın ve girdilerin azalmasına etki edeceğinden önemli bir faktör olarak görülmektedir. İncelenen işletmelerin yem bitkileri üretimi Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: İşletmelerin bitkisel üretim verileri

Bitkisel Üretim Faaliyeti	Ekilen Alan (da)	Kaba Yem (Balya)	Verim (kg/da)
Arpa	7,09	56,58	219
Buğday	2,28	17,59	175
Mısır	3,54	-	3.150,30
Çayır Otu	1,19	11,14	-
Regrass	0,89	0,63	-

İşletmelerde bitkisel üretimin, %47,30'u arpa, %15,21'i buğday, %23,62'si mısır, %7,94'ü çayır otu ve %5,94'ü ise regrass üretimi yapmaktadır. İşletmeler sulama olanaklarına ve arazi yapılarına, ayrıca alet makine varlığına bağlı olarak bitkisel üretim yapmaktadır. Bursa ilinde yapılan bir çalışmada işletmelerde yem bitkileri üretimi olarak, %28,95 arpa, %21,05 mısır ve %15,79 üretildiği belirtilmiştir (Altınçekiç 2014). Yapılan bir diğer araştırmada ise, Konya ilindeki merkez ilçelerde işletmelerin %61,4'ünde yem bitkisi üretimi yapıldığı gözlemlenmektedir. Üretilen ürünler ise %38,06 yonca, %33,07 Macar ve adi fiğ karışımı, %22,09'u silajlık mısır, %1,2 si korunga ve %3,6'lık kısım diğer yem bitkilerinin üretimi olduğunu belirtmişlerdir (Aritunca 2019). Yem bitkileri üretimindeki değişiklik işletmelerdeki arazi varlığına ve iklim koşullarına bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Koyunculuk işletmelerinde hayvanların beslenmelerinde merada otlatma süreleri Tablo 5'te verilmiştir. İşletmelerin %65,82'si 365 gün boyunca hayvanları merada otlatma yoluyla hayvancılık yapmaktadır. Öte yandan %34,17'si ise ortalama 17 gün anızda otlatıp diğer günlerde ise diğer işletmeler gibi mera da otlatmaktadır. İzmir ilinde yapılan bir çalışmada hayvanların merada kalma süreleri ise 6-8 ay yüksek kesimlerde göçebe olarak yapılan işletmelerde 4-6 ay ise alçak düzlüklerde otlatma ile yapılmaktadır (Keskinlik 2019). Yapılan diğer bir çalışmada ise Burdur ilindeki koyunculuk işletmelerinde hayvanların merada kalma süreleri 7,27 ay olarak belirtilmiştir (Bilginturan vd. 2009). Hayvanlarda otlatma süreleri işletmelerdeki arazi varlıklarına bölgedeki mera varlığına göre değişmektedir.

Tablo 5: İşletmelerdeki hayvanların otlatılma süreleri

Otlatılma Süreleri			
	Süre	İşletme Sayısı	%
Merada	365	52	65,83
Anızda	17	27	34,17

İncelenen işletmelerde aşım öncesi ekstra beslenme durumları incelenmiştir. İşletmelerin %78,48'i bir ay öncesinden, %21,52'si ise on beş gün öncesinde ekstra beslenme programı uyguladıkları belirlenmiştir. Ekstra yemleme olarak ise, işletmelerde çoğunlukla arpa veya besi yemi yanında ise kesif yem olarak kuru ot kullanılmıştır.

İşletmelerin hepsi kuru dönemde hayvanları meraya çıkartmakta ve ekstra yemleme yapmaktadır. Hayvanlara yem olarak ise arpa ve besi yemi verildiği belirlenmiştir. İşletmecilerin yem rasyonunu kendi bilgilerine ve elindeki yem hammaddesine ve yem fiyatına göre yem rasyonunu oluşturduklarını belirtmişlerdir. İşletmelerin %88,61'inin gebelik dönemlerinde arpa ve kuru ot, %11,39'unun ise gebelik döneminde besi palet yemi ile hayvanları besledikleri belirlenmiştir.

3.2. İşletmelerdeki Koyunculuk Üretim Faaliyetinin Masrafları

Hayvancılık için en önemli masraf kaleminin yem olduğunu söyleyebiliriz. İncelenen işletmelerde koyun yetiştiriciliği için toplam yem giderleri Tablo 6'da verilmiştir. İşletmelerde satın alınan yem giderlerinin

toplam yem giderleri içindeki payı sırasıyla, %36,14'u kesif yem, kuzu maması ve katkısı, %8,89'u saman, %21,02'si arpa, %0,50'si mısır, %2,11'i buğday, %0,35'i yonca, %0,33'ü regrass, %0,08'i kepekten oluşmaktadır.

Tablo 6: Koyunculuk faaliyetinin toplam yem giderleri

Koyun Yetiştiriciliği Toplam Yem Giderleri (Yıllık)				
Yem Giderleri	İşletmeye Alınan (TL)	%	İşletmede Üretilen (TL)	%
Kesif Yem, Kuzu Maması, Katkı	54.879,86	36,14		
Saman	13.505,34	8,89	4.206,25	2,77
Arpa	31.922,75	21,02	30.555,69	20,13
Mısır	753,84	0,50	5.400,57	3,56
Buğday	3.202,53	2,11	4.886,07	3,22
Yonca	525,31	0,35		
Regrass	505,06	0,33	1.375,86	0,92
Kepek	126,58	0,08		
Toplam	105.421,27	69,41	46.424,44	30,59
BBHB	12,98			
Yem Masrafı/BBHB	11.770,99			
İşl. Sağlanan Yem Değeri (TL)	46.424,44			
Satın Alınan Yem Değeri (TL)	105.421,27			
Toplam (TL)	151.845,71			

İşletmelerden sağlanan yem giderlerinin toplam yem giderleri içindeki payı ise sırasıyla, %2,77'si saman, %20,13'ü arpa, %3,56'sı mısır, %3,22'si buğday, %0,92'si regrass'tır. Koyun yetiştiriciliğinde yem giderlerinin toplamı ise 151.845,71 TL'dir. Bu yem giderlerinin %69,41'i satın alınan yem, %30,59'u ise işletmede üretilen yemlerden oluşmaktadır. İşletmede yedirilen yem masraflarının %86,18'i kesif yemden, %13,82'si ise kaba yemden oluşmaktadır. İzmir ilinde yapılan bir çalışmada yem giderlerini oluşturan kalemlerin; %65'inin kesif yem, %35'ini ise kaba yemler oluşturmaktadır (Keskinlikç 2019).

Diğer yapılan bir çalışmada ise Karaman ilinde koyunculuk işletmelerinde yem giderlerini oluşturan masraf kalemlerinin %52,06'sı kesif yem, %47,94'ü ise kaba yemden oluştuğu belirlenmiştir (Koca 2014). Diğer yapılan bir çalışmada ise Konya ili Karapınar ilçesindeki koyunculuk

işletmelerinde yem giderlerini oluşturan masraf kalemlerinin %54,68'i kesif yem, %45,32'si ise kaba yemden oluştuğu hesaplanmıştır (Aktaş 2009).

Yapılan diğer bir çalışmada ise Ege ve Marmara bölgesindeki koyunculuk işletmelerinde yem giderlerini oluşturan kalemlerin; %71,27'si kesif yem, %28,73'ünü ise kaba yemlerin oluşturduğu hesaplanmıştır (Çiçek vd. 2022). Görüldüğü üzere bölgeler arasında farklılıklar bulunmaktadır. İşletmelerdeki yem giderleri işletmelerdeki arazi varlığına yetiştiricilik biçimine ve meraya çıkartma durumuna göre farklılık göstermektedir.

İncelenen işletmelerde koyunculuk üretim faaliyetinin toplam giderleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7: Koyun yetiştiriciliğinin toplam giderleri

Masraf Kalemleri	TL	%
İşl. Sağlanan Yem Değeri	46.424,44	18,91
Satın Alınan Yem Masrafı	105.421,27	42,93
Toplam Yem Giderleri	151.845,71	
Veteriner-İlaç-Aşı vs.	3.381,00	1,38
Elektrik-Su	1.813,58	0,74
Altlık	750	0,31
Tuz / Yalama Taşı	1.183,22	0,48
Alet-Makine Tamir Bakım	3.013,00	1,23
Temizlik	4.313,28	1,76
Aile İşgücü Ücret Karşılığı	23.450,00	9,55
Genel Yönetim Giderleri	3.542,75	1,44
Amortismanlar	28.909,99	11,77
Sermaye Faizleri	23.336,25	9,5
Toplam	245.538,78	100
BBHB	12,98	
Toplam Gider / BBHB	18.916,70	

Koyun yetiştiriciliği toplam giderler sırasıyla, %18,91 ile işletmeden sağlanan yem giderini, satın alınan yem masrafı %42,93'ünü, veteriner-ilaç masrafları %1,38'ini, tuz-yalama masrafları %0,48'ini, altlık masrafları %0,31'ini, elektrik-su %0,74'ünü, temizlik %1,76'sını, alet- makine tamir bakım %1,23'ünü, amortismanlar %11,77'sini, aile işgücü ücret karşılığı %9,55'ini, genel yönetim giderleri %1,44'ünü, sermaye faizleri ise %9,50'sini oluşturmaktadır. Toplam masraflar 245.538,78 TL, BBHB'ne düşen masraf ise 18.916,70 TL'dir. Muş ilinde yapılan bir çalışmada koyun yetiştiriciliğinde

gider kalemleri olarak toplam yem masrafı %61,9, veteriner sağlık %1,9, aile iş gücü ücret karşılığı %19,0, yabancı iş gücü %11,5, genel yönetim giderleri %2,2, amortismanlar %1,1, bakım ve onarım giderleri %1,3 olarak bulunmuştur (Kaymak vd. 2016). Diğer bir çalışmada ise İzmir ilinde koyunculuk işletmelerinde değişken masraf unsurları işletmelerde yem %59,76, veteriner %2,11, ilaç aşı masrafları %4,37, su elektrik %7,30, tamir bakım %2,24, temizlik malzemeleri %1,38, altlık %12,13'ü değişken masrafları oluşturmaktadır. Sabit masraflar ise; kira giderleri %11,30, daimî işçilik %0,86, aile iş gücü ücret karşılığı %8,67, kooperatif aidatı %0,20, genel idare giderleri %2,58, amortismanlar %32,32, faiz giderleri ise 44,08'i işletme sabit masraflarını oluşturmaktadır (Keskinkılıç 2019).

3.3. İşletmelerde Koyunculuk Üretim Faaliyetinin Üretim Değeri

Koyunculuk üretim faaliyetinden elde edilen üretim değerleri süt, kuzu satışı, damızlık satışı, yapağı ve prodüktif demirbaş kıymet artışından (PDKA) oluşmaktadır. İncelenen işletmelerin hayvansal üretim değerleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8: İşletmelerin koyunculuk üretim faaliyetinin üretim değeri

Faaliyet	TL	%
Süt	103.604,39	15,13
Yapağı	763,27	0,11
Kuzu	458.103,80	66,89
Damızlık Satışı (Toklu)	29.654,92	4,33
PDKA	92.743,90	13,54
Toplam	684.870,28	100,00

Hesaplanan hayvansal üretim değeri işletme başına 684.870,28 bin TL'dir. Bu değer %15,13'ü süt satışı, %0,11'i yapağı satışı, %66,89'ü kuzu satışı, %4,33'ü damızlık satışı, %13,54 ise PDKA'dan oluşmaktadır. İşletmelerin gübre satışı yapmadığından hayvansal üretim değerine dahil edilmemiştir. Muş ilinde yapılan bir çalışmada işletmelerin hayvansal üretim değerleri; süt geliri %11,4, et geliri %2,3, kuzu ve damızlık satışı %63,5, PDKA %17,9 olarak bulunmuştur (Kaymak vd. 2016). Yapılan diğer bir çalışmada ise İzmir ilindeki işletmelerde hayvansal üretim değeri, kuzu ve toklu satışı %28,76, damızlık satışı %5,31, süt geliri %6,45, yapağı %0,02, PDKA ise

%49,05 olarak belirtilmiştir. İşletmelerdeki hayvansal üretim değerleri işletme boyutlarına bölgelerine ve işletme çeşitlerine göre değişmektedir (Keskinkılıç 2019).

İşletmelerdeki gelir kalemlerinden olan süt ile ilgili veriler Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9: İşletmelerde Koyunculuk Faaliyetinin Süt Geliri

Süt Geliri (TL)	
Sağım Yapılan İşletme (%)	100
Sağılan Koyun Sayısı (Adet)	72,43
Süt Verimi (kg, Gün/Koyun)	1,46
Laktasyon Süresi (Gün/Yıl)	85,12
Yıllık Süt Üretimi (Lt)	9.001,25
Ortalama Süt Fiyatı (Lt/TL)	11,51
Yıllık Süt Geliri (TL)	103.604,39

İşletmelerin yıllık ortalama süt geliri 103.604,39 TL’dir. İşletmelerin hepsi sağım yapmaktadır. İşletmelerde sağılan koyun sayısı ortalama baş 72,43’dir. Koyun başına günlük süt verimi 1,46 litredir. Koyunlarda laktasyon süresi ortalama 85,12 gündür. İşletmelerin toplam ortalama yıllık süt üretimi 9.001,25 litredir. İşletmelerin mandıra ve pazarda süt satış fiyatı 11,51 TL/litre’dir (Tablo 9). Orta ve Güney Anadolu’da yapılan bir çalışmada koyun başına günlük süt verimi 0,41 litre olduğu laktasyon süresinin ise 100 gün olduğu belirlenmiştir (Dağıstan 2002). Diğer bir çalışmada ise Ege ve Marmara bölgesinde koyunculuk işletmelerinde ortalama günlük süt verimi 0,33 litre olduğu laktasyon süresinin ise 87,33 gün olduğu belirtilmiştir (Çiçek vd. 2022). Yapılan bir diğer çalışmada ise İzmir ilinde koyunculuk işletmelerinde günlük süt verimi 0,71 litre olduğu ve laktasyon süresinin ise 95 gün olduğu belirlenmiştir (Keskinkılıç 2019). Bu sonuçlara göre araştırma bölgesindeki süt verimi diğer bölgelere göre yüksektir, bunun sebebi ise işletmelerdeki ırkların süt veriminin oldukça yüksek verimli ırklar olduğu söyleyebiliriz.

İşletmelerdeki diğer bir gelir kalemi olan hayvan satış geliri ve PDKA ile ilgili veriler Tablo 10’da verilmiştir. İşletmelerde hayvan satışı ve PDKA’dan toplamda 580.502,60 TL gelir elde edilmiştir. Bu gelirin %5,11 yıllık toklu satışlarından, %78,92 kuzu satışlarından, %15,97’si PDKA’dan karşılanmaktadır. İzmir ilinde yapılan bir çalışmada işletmelerde ise kuzu

satışından %34,59, damızlık satışından %6,38 ve PDKA'dan ise %59,01 gelir elde edilmiştir (Keskinlik 2019).

Tablo 10. Hayvan satış gelirleri ve PDKA

Hayvan Satış Gelirleri ve PDKA		
Hayvan Satış Gelirleri ve PDKA	TL	%
Damızlık Satışı (Toklu)	29.654,91	5,11
Kuzu	458.103,79	78,92
Toplam Hayvan Satış Geliri	487.758,70	
PDKA	92.743,90	15,97
Toplam	580.502,60	100

İncelenen işletmelerdeki süt ve hayvan gelirinin karşılaştırmalı analizi Tablo 11'de verilmiştir. İşletmelerin yıllık ortalama olarak 702.561,06 TL gelir elde ettiği hesaplanmıştır. Bu gelirin en büyük kısmını %69,43 ile toplam hayvan satış geliri, %14,75'ini yıllık süt geliri, %13,20'si PDKA, %0,96'sını çiftlik gübresi satışı ve %0,11'i ise yapağı satışından elde edilmiştir. Konya ilinde yapılan bir çalışmada ise süt ve hayvan gelirinin %52,24'ü PDKA'dan, %37,01'i kuzu satışından, %6,34'ü süt satışından, %3,81'i damızlık hayvan satışından ve %0,60'ı da yapağı satışından elde edildiği belirtilmiştir (Aktaş, 2009). Çiçek vd. 2022 yılında Ege ve Marmara Bölgesinde yaptıkları çalışmada; koyunculuk işletmelerinin elde ettikleri gelirin %87,11'ini hayvan satış gelirinden, %5,19'unu desteklemelerden, %4,01'ini süt gelirinden, %2,32'sini çiftlik gübresinden, %1,33'ünü net envanter artışından ve %0,05'ini ise yün gelirinden oluştuğunu belirtmişlerdir.

Tablo 11. Koyunculuk faaliyetinin yıllık geliri

	TL	%
Yıllık Süt Geliri (TL)	103.604,39	14,75
Süt Geliri / BBHB	8.018,92	
Toplam Hayvan Satış Geliri	487.758,72	69,43
PDKA	92.743,90	13,20
Koyun Başına Toplam Destek	2.336,45	0,33
Yem Bitkisi Desteği	8.619,04	1,23
Çiftlik Gübresi	6.735,29	0,96
Yapağı Geliri	763,27	0,11
BBHB	12,98	
Süt ve Hayvan Gelir Toplamı	684.870,28	
Toplam	702.561,06	100

3.4. İşletmelerde Koyunculuk Üretim Faaliyetinin Kârlılık Analizi

Koyun yetiştiriciliği faaliyetine ilişkin gelirler, giderler ve net kâr ile ilgili sonuçlar Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Koyun yetiştiriciliği faaliyetine ilişkin gelirler, giderler ve net kâr

Koyun Yetiştiriciliği Faaliyetine İlişkin Gelirler, Giderler ve Net Kâr			
Gelirler, Giderler ve Net Kâr		TL	%
Gelirler	Süt Geliri	103.604,39	14,75
	Hayvan Satış Geliri	487.758,72	69,43
	PDKA	92.743,90	13,20
	Destekleme Gelirleri	10.955,49	1,56
	Çiftlik Gübresi Değeri	6.735,29	0,96
	Yapağı Geliri	763,27	0,11
	TOPLAM GELİR (TL / işletme)	702.561,06	100,00
Giderler	İşl. Sağlanan Yem Değeri	46.424,44	18,91
	Satın Alınan Yem Masrafı	105.421,27	42,93
	Veteriner-İlaç-Aşı vs.	3.381,00	1,38
	Elektrik-Su	1.813,58	0,74
	Altlık	750,00	0,31
	Tuz / Yalama Taşı	1.183,22	0,48
	Alet-Makine Tamir Bakım	3.013,00	1,23
	Temizlik	4.313,28	1,76
	Aile İşgücü Ücret Karşılığı	23.450,00	9,55
	Genel Yönetim Giderleri ($A \times 0,03$)	3.542,75	1,44
	Amortismanlar	28.909,99	11,77
	Sermaye Faizleri	23.336,25	9,50
	TOPLAM GİDER (TL)	245.538,78	100,00
	Net Kâr (TL/ İşletme)		457.022,28
Hayvan Birimi		12,98	
BBHB’ne Düşen Net Kâr (TL)		35.209,73	

İşletmelerin yıllık ortalama olarak 702.561,06 TL gelir elde ettiği, ortalama olarak 245.538,78 TL’de gideri olduğu hesaplanmıştır. İşletmelerdeki net kârı hesaplamak için gelir kalemlerinden gider kalemlerini çıkarttığımızda ortalama işletme başına 457.022,28 TL net kâr vardır. BBHB’ne düşen net kârı hesaplamak için ise net kârı hayvan birimine bölerek hesaplanmaktadır, sonuç olarak ise BBHB başına düşen net kâr ise 35.209,73 TL’dir.

Koyun yetiştiriciliğinin brüt kâr analizi Tablo 13’te verilmiştir. İşletmelerde brüt kâr, toplam gelirden işletmedeki toplam değişken masrafların

çıkarılması ile bulunmaktadır. Bu işlemlerden sonra işletmelerdeki ortalama brüt kâr 536.261,27 TL'dir. Ayrıca brüt kârın hayvan birimine oranı ise 41.314,43 TL bulunmuştur.

Tablo 13. Koyun Yetiştiriciliğinin Brüt Kârı

Gelirler, Değişken Giderler ve Brüt Kâr	TL
Toplam Gelir (TL / İşletme)	702.561,06
Toplam Değişken Giderler (TL)	166.299,79
Brüt Kâr (TL / İşletme)	536.261,27
BBHB	12,98
Brüt Kâr / BBHB (TL)	41.314,43

Koyun yetiştiriciliği faaliyetinde aile işgücünün kârlılığa etkisi belirlemek için net kâr'a aile işgücü ücret karşılığı eklenerek bulunmaktadır. İşletmelerde net kâr 457.022,28 TL dir. Aile işgücü ücret karşılığı 23.450 TL olduğuna göre, üretim dalı faaliyet geliri ise 480.472,28 TL olarak bulunmuştur (Tablo 14). İşletmelerdeki BBHB başına düşen, net kâr 35.209,73 TL, üretim dalı faaliyet geliri 37.016,35 TL ve brüt kâr da 41.314,43 TL bulunmuştur.

Tablo 14. Koyun yetiştiriciliğinde kârlılık analizi

Koyun Yetiştiriciliğinde Kârlılık Analizi		
Kârlılık Ölçütleri		TL
(TL/ İşletme)	Net Kâr	457.022,28
	Üretim Dalı Faaliyet Geliri	480.472,28
	Brüt Kâr	536.261,27
(TL/ BBHB)	Net Kâr	35.209,73
	Üretim Dalı Faaliyet Geliri	37.016,35
	Brüt Kâr	41.314,43

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Koyunculuk işletmelerine yönelik yapılan bu çalışmada, koyun yetiştiriciliğinin mevcut durumu ve ekonomik yapısı ortaya koyulmuştur. Bu araştırma ile hem işletme sahiplerinin demografik ve sosyal özellikleri hem de koyunculuk faaliyetlerinin teknik ve ekonomik yönü analiz edilerek, sektöre ilişkin sorunlar belirlenmiş ve öneriler geliştirilmiştir.

Koyunculuk faaliyeti yoğun emek getiren bir uğraş olduğu için (sağım, bakım, otlatma işleri vb.) işletmede çalışanların azami ölçüde fiziki güçte

olmaları gerekmektedir. Çalışmada, işletmecilerin %59,68'i 45-60 yaş aralığındadır. İşletmecilerin yaş ortalaması ise 49,54'dür. İşletmecilerin yaş koyunculuk faaliyetinin sürdürülebilirliği ve üretkenliğinde düşüş riski taşıyabileceği için olumsuz etkilemektedir.

Koyunculuk faaliyeti emek getiren bir uğraş olduğu için işgücü oldukça önemlidir. İşletmelerdeki genç aile bireylerin işgücünde kullanılması ve bu faaliyeti gelecekte devam ettirmeleri sağlanmalıdır. Bu da genç çiftçi desteklerinin artması, gençlerin köyden kente göçünün önlenmesi için devletin gerekli politikalar üzerinde çalışması gerekmektedir. Koyunculuk faaliyetinin sürdürülebilirliği açısından gerekli teşvik ve desteklemeler ile genç nüfusun koyunculuk faaliyeti ile uğraşması ve meslek olarak görmesi hedeflenmelidir.

Eğitim ve deneyim işletmedeki başarıyı etkileyen en önemli iki faktördür. Araştırmada işletmecilerin çoğu lise mezunu ve tarımsal deneyimleri 30 yılı aşmaktadır. Bu durum, deneyim ve bilgi birikiminin önemli bir avantaj olduğunu göstermektedir. Ayrıca gerek eğitim gerekse tarımsal deneyimlerinin yüksek olması bilgiye kolay ulaşılma ve koyunculuk faaliyetindeki başarıların artmasında olumlu rol oynamaktadır.

İşletmecilerin devlet destekleri ve hayvan sigortaları hakkında yeterli bilgiye sahip olmayanların oranı dikkat çekicidir. İşletmede hayvan kayıplarında, sağlık ve olası afet durumlarında işletmelerdeki hayvan sermayesi etkileneceği için işletme geleceği için önemli bir tehdit oluşturmaktadır.

Devlet desteklerinden yararlanma oranını artırmak için işletmecilere yönelik bilgilendirme toplantıları düzenlenmeli ve hayvan sigortası gibi uygulamalara erişim kolaylaştırılmalı ve işletmeler bu konuda bilinçlendirilmelidir. Bu desteklerin etkin bir şekilde kullanılması, işletmelerin risklere karşı korunmasına ve sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır.

Hayvancılık alanında yapılacak olan çalışmaların yasa ve yönetmeliklerle desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca hayvancılık alanında sağlık sigortası teşvik edilmeli ve yaygınlaştırılmalıdır. Yani bilinçli hayvancılık faaliyetleri, işletmenin kârlılık düzeyine önemli katkılar sağlayacaktır.

İşletmelerde kayıt tutma uygulamaları yaygın olmakla birlikte, bu kayıtların kapsamı sınırlıdır. Doğum, ölüm ve hastalık-aşı gibi kritik bilgilerin

yeterince detaylı kaydedilmemesi, işletmelerin sürü yönetim verimliliğini düşürmektedir. İşletmelerdeki hastalık, aşı doğum, ölüm ve ilaç gibi kayıtların tutulması işletmelerdeki sağlık ile ilgili oluşabilecek sorunların önlenmesine yardımcı olmaktadır.

Kayıt tutma alışkanlığının yaygınlaştırılması için teşvik mekanizmaları geliştirilmeli ve işletme yönetiminde kayıt tutmanın önemi vurgulanmalıdır. Doğum, ölüm, hastalık ve yem kayıtlarının düzenli tutulması, işletmelerin verimliliğini artıran ve sorunlara hızlı çözümler sunan önemli bir yönetim aracı olacaktır.

İşletmelerde yem bitkileri üretimi işletmeler ortalaması oldukça düşüktür. İncelenen işletmelerin yem giderlerinin %69,42'si dışarıdan alınan yemlerden oluşmaktadır. Yem girdisinin maliyeti ekonomik sürdürülebilirlik için oldukça önemli bir faktördür. Üretim süreci ağırlıklı olarak meraya dayalı olsa da özellikle büyütme ve süt gibi yemlerin maliyetleri ekonomik etkinliği önemli ölçüde etkilemektedir. Bu sorunun giderilmesi yem teşvik primi, bitkisel üretimdeki mazot, tohum vb. desteklemelerin artması ile en aza indirilebilir. İşletmelerdeki süt ve hayvan gelir toplamının %0,32'si koyun başına destekler, %1,20'si ise yem bitkisi desteği oluşturmaktadır. İşletmelerin gelirlerinin artması için bu desteklerin artırılması gerekmektedir.

Yem masraflarının işletmeler üzerindeki mali yükü göz önünde bulundurularak, işletme içi yem üretiminin teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, bölgeye uygun yem bitkilerinin yetiştirilmesi için teknik destek sağlanmalı ve yem maliyetlerini azaltmaya yönelik devlet sübvansiyonları artırılmalıdır. Yem üretimi konusunda çiftçilere yönelik eğitim programları düzenlenmelidir.

Yem girdisinin maliyeti ekonomik sürdürülebilirlik için oldukça önemli bir faktördür. Üretim süreci ağırlıklı olarak meraya dayalı olsa da özellikle büyütme ve süt gibi yemlerin maliyetleri ekonomik etkinliği önemli ölçüde etkilemektedir. Bu sorunun giderilmesi yem teşvik primi, bitkisel üretimdeki mazot, tohum vb. desteklemelerin artması ile en aza indirilebilir.

İşletmelerde üretilen sütün mandıralara pazarlanmakta olduğu görülmüştür. Üreticilerin bölgede gerekli destek ve teşvik ile kooperatif kurması ve süte katma değer katarak pazarlaması işletmelerdeki gelirin artmasını

sağlanabilir. Bu neden ile Türkiye’de bulunan benzer kooperatif ve benzeri kuruluşlar ile görüşülmesi ve gerekli bilgiler doğrultusunda destek ve teşvikler ile üreticilerin aydınlatılması gerekmektedir.

İşletme sahiplerine yönelik modern koyunculuk teknikleri, besleme yöntemleri ve işletme yönetimi konularında eğitimler verilmelidir. Aynı zamanda, bu eğitimlerin devamlılığını sağlamak amacıyla teknik danışmanlık hizmetleri oluşturulmalı, çiftçilere birebir rehberlik sağlanmalıdır.

Sürü yönetimi, kuzu verimi ve süt verimliliğini artırmaya yönelik ırk iyileştirme ve modern besleme teknikleri, işletmeler arasında yaygınlaştırılmalıdır. Bu bağlamda, bölgesel farkındalık kampanyaları düzenlenerek başarılı örnekler teşvik edilmelidir.

Koyun yetiştiriciliği yapan işletmelerinin ekonomik yapısını güçlendirmek, bölgesel kalkınmaya ve kırsal alanlarda yaşam standartlarını artırmaya katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda, bu çalışmalar, Türkiye’nin hayvancılık sektöründe rekabet gücünü artırma ve gıda güvenliğini sağlama hedeflerine de destek olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’de yapılan “Balıkesir İli Balya İlçesindeki Koyunculuk İşletmelerinin Ekonomik Analizi” konulu yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- Altınçekiç, Ş.Ö. (2014). Bursa İli Koyunculuk İşletmelerinin Yapısal Özellikleri ve Refah Ölçütleri Açısından Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye.
- Aktaş, A. (2009). Konya İli Karapınar İlçesi Koyunculuk İşletmelerinin Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Aritunca, D. (2019). Konya İli Merkez İlçelerinde Koyunculuk İşletmelerinin Durumu. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Bilginturan, S., Ayhan, V. (2009). Burdur ili damızlık koyun ve keçi yetiştiriciler birliği üyesi koyunculuk işletmelerinin yapısal özellikleri ve sorunları üzerine bir araştırma. *Hayvansal Üretim*, 50 (1), 1-8.
- Çiçek, A., Ayyıldız, M., Erdal, G. & Erdal, H. (2022). Türkiye’de koyun yetiştiriciliğinin önemi ve ekonomik analizi. *MAS JAPS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 7 (Özel Sayı), 1311-1312.
- Dağıstan, E. (2002). Orta Güney Anadolu Bölgesinde Koyunculuk Faaliyetinin Ekonomik Analizi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye.
- Erkuş, A., Bülbül, M., Kırıl, T., Açıl, A.F. & Demirci, R., (1995). *Tarım Ekonomisi*. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları: Ankara.
- FAO (2023). Koyunculuk verileri. Erişim tarihi: 06.12.2023, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/OC>.
- İnan, H. (1992). *Tarım Ekonomisi* (1.Baskı). Hasat Yayıncılık: İstanbul.
- Karadaş, K. (2017). Şanlıurfa İlinde Koyunculuk İşletmelerinin Sosyo-Ekonomik Durumu: Siverek İlçesi Örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 268- 279.
- Karadaş, K. (2018). Koyunculuk İşletmelerinin Sosyo-Ekonomik Durumu; Hakkâri İli Örneği *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.*, 49(1): 29-35 , ISSN : 1300-9036
- Kaymak, K., & Sarıözkan, S. (2016). Muş İli Korkut İlçesinde Koyunculuk İşletmelerinin Sosyo-Ekonomik Yapısı ve Üretim Maliyetleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 27(3), 141-146.
- Keskinkılıç, K. (2019). Koyunculuk Faaliyetinin Sürdürülebilirliği. İzmir Ticaret Borsası Yayınları: İzmir.
- Koca, A. (2014). Karaman İlinde Koyunculuk Üretim Faaliyetine Yer Veren İşletmelerin Yapısal Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.

- Kıral, T. & Rehber, E. (1986). Hayvansal ürün maliyetlerinin hesaplanması, Batı Akdeniz Bölgesi 1. *Hayvancılık Semineri*, Antalya. 278-289.
- Kıral, T., Kasnaoğlu, H., Tatlıdıl, F.F., Fidan, H. & Gündoğmuş, E. (1999). Tarımsal Ürünler İçin Maliyet Hesaplama Metodoloji ve Veri Tabanı Rehberi. *TEAE*: Ankara.
- Oğuz, C., & Bayramoğlu, Z. (2014). Tarım Ekonomisi. *Atlas Akademi*. ISBN:978-605-63373-3-8.
- Özsayın, D., & Everest, B. (2019). Koyun Yetiştiriciliği Yapan Üreticilerin Sosyo-Ekonomik Yapısı ve Koyunculuk Faaliyetiyle İlgili Uygulamaları. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(Ek Sayı 2), 440-448.
- Şahin, A., & Yıldırım, İ. (2002). Economic analysis of sheep farms in center district of Van province. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12 (2), 47-52.
- Yamane, T. (1967). Elementary sampling theory, printice-hall inc. *Englewood Cliffs*, 405.
- TİGEM, (2023). Hayvancılık sektör raporu. Erişim: 10 Eylül 2023, <https://www.tigem.gov.tr>.
- TÜİK (2023). Hayvancılık verileri. Erişim: 15 Eylül 2023, <https://www.tuik.gov.tr>.

BÖLÜM 13

SÜRDÜREBİLİR HAYVANCILIKTA AKILLI TARIMIN ROLÜ

Doç. Dr. Muazzez CÖMERT ACAR^{1*}

Prof. Dr. Özer Hakan BAYRAKTAR²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14606503>

¹Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, 35100 İzmir-Türkiye.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1742-8076>

²Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, 35100 İzmir-Türkiye.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7071-5947>

*sorumlu yazar: muazzez.comert@ege.edu.tr

1. GİRİŞ

Tarım, medeniyet tarihinin şekillenmesinde hayati bir rol oynamış ve insanların avcı-toplayıcı yaşam tarzından yerleşik yaşama geçişini sağlamıştır. O günden bu yana, yaşamın temel kaynağını oluşturan tarımsal üretim, toplumun tüm kesimleriyle etkileşimde bulunan bir sektördür.

Tarımsal faaliyetler, insanlara sadece gıda sağlamakla kalmamış; aynı zamanda insanların bir araya gelmesini sağlayarak kültürel etkinlikleri beslemiş ve bilimsel ve teknolojik ilerlemelerin önünü açmıştır. Tarımsal faaliyetlerdeki yenilikler ve mekanizasyon süreci, endüstriyel üretimi desteklemiş ve toplumsal yapıda büyük değişimlerin öncüsü olan sanayi devriminin zeminini hazırlamıştır. Bu süreç, modern toplumların ve ekonomilerin temel taşlarını oluşturmuştur (SGSÜR, 2021).

Endüstriyel tarıma geçişle birlikte kimyasal gübre ve pestisit kullanımı artmış; aşırı kimyasal kullanımı ve yoğun üretim, toprağın yapısına ve fizikokimyasal özelliklerine zarar vererek ekosistem dengelerini tehdit eder hale gelmiştir. Monokültür uygulamaları, tek bir bitki veya hayvan türünün belirli alanlarda yoğunluğunu artırarak biyoçeşitliliğin azalmasına; zararlılara ve hastalıklara karşı doğal direncin düşmesine yol açmış; artan toprak ihtiyacı ormansızlaştırmaya neden olmuştur. Artan su talebi, yüzey sularının azalmasına, yer altı su seviyelerinin hızla düşmesine ve kuraklığa bağlı üretim kayıplarına yol açmış; tarımsal ekosistemleri tehdit etmiştir (Ilea, 2009).

Tarım sektöründeki bu değişim ve gelişim süreci, olumlu etkilerinin yanı sıra sürdürülebilirliği tehdit eden birçok olumsuz etkiyi de beraberinde getirmiştir. Genel olarak tarımsal üretimde sürdürülebilirlik, bitkisel ve hayvansal kaynakların verimli ve çevreye duyarlı bir şekilde yönetilmesini amaçlayan bir yaklaşımdır. Sürdürülebilir tarımsal üretimin temel unsurlarından biri kaynak yönetimidir. Bu bağlamda, başta toprak ve su olmak üzere; enerji, işgücü ve diğer tüm girdilerin etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Kıt kaynakların kullanımının sınırlandırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu, çevre ve insan sağlığının korunması sürdürülebilir üretimin temel koşullarındandır (BCFN, 2019). Ayrıca, yoğun üretimin iklim değişikliği, toprak erozyonu ve biyoçeşitlilik kaybı gibi diğer sorunlar üzerindeki olumsuz etkileri de azaltılmalı; bütüncül bir yaklaşımla

ekosistem üzerindeki baskılar tolere edilebilir seviyelere çekilmelidir. Tarımsal üretimin önemli bir bileşeni olan hayvansal üretimde de sürdürülebilir üretim uygulamaları ile hayvan sağlığı ve refahı göz önünde bulundurulmalıdır.

Sürdürülebilir üretim yalnızca çiftçilere ve sektör çalışanlarına ekonomik fayda sağlamaz; aynı zamanda yüksek yaşam standartlarının oluşturulmasına ve kaynakların adil kullanımına da katkıda bulunur. Sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi ve yerel gıda sistemlerinin güçlendirilmesi, kırsal gelişim açısından kritik bir öneme sahiptir ve çevresel ile toplumsal hedeflere önemli katkılar sağlar.

Gıda Sürdürülebilirlik Endeksi (FSI) kapsamında, 78 ülkenin sürdürülebilir gıda sistemleri “sürdürülebilir tarım”, “beslenme zorlukları” ve “gıda kaybı ve israfının azaltılması” olmak üzere üç temel alanda 38 ana ve 95 alt kriter üzerinden değerlendirilmiştir (SGSÜR, 2021). Değerlendirme sonucunda ülkelere 0 ile 100 arasında değişen puanlar verilmiştir. Bu endekste 100 puan, çevresel, toplumsal ve ekonomik temel ilerleme göstergelerini en yüksek düzeyde karşılanması ve böylece sürdürülebilirlik kriterleri bakımından en üst seviyeyi ifade etmektedir. Elde edilen sonuçlara göre Almanya birinci, Türkiye ise 14. sırada yer almıştır. Bu durum, Almanya’daki gübre ve pestisit kullanımının azlığından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Tarımsal sübvansiyonlar, üretkenlik ve tarım sistemlerinin çeşitliliği ile öne çıkan Kanada, sürdürülebilir tarımda ikinci sırada yer almışken, Hindistan, Birleşik Arap Emirlikleri ve Mısır en alt sıralarda yer almıştır.

Beslenme zorlukları dikkate alındığında, yetersiz beslenme oranının düşük olduğu Fransa ilk sırada yer almakta, bunu Japonya ve Güney Kore izlemektedir; Türkiye ise 19. sıradadır. Yüksek beslenme zorluklarının yaşandığı ülkeler arasında Hindistan, Nijerya ve Güney Afrika bulunmaktadır. Hindistan’daki beslenme zorlukları, yetersiz beslenmeye neden olurken; hazır yemek arzının yüksek olduğu Güney Afrika’da ise insanların sağlıklı yiyecekler satın alabilecek maddi imkânlardan yoksun olmaları beslenme sorunlarına yol açmaktadır. Etiyopya, Kolombiya, Çin ve Hindistan yetersiz beslenmeden mustarip ülkeler arasında yer alırken, ABD, Suudi Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri obezite ve fazla kilodan şikâyetçi olan ülkelerdir. En fazla tüketici israfının gerçekleştiği ülkeler ise Suudi Arabistan, Endonezya, Amerika Birleşik Devletleri ve Birleşik Arap Emirlikleri başta olmak üzere zengin

ülkelerde görülmektedir; gelişmekte olan ülkelerde ise gıda kayıpları, gıdaların tüketiciye ulaşmasından önce gerçekleşmektedir. Bu çalışmada hayvancılıkta sürdürülebilirlik, dijital hayvancılık ve hassas yemleme konularında tartışılarak akıllı tarımdaki rolü ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. HAYVANCILIKTA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Sürdürülebilir gıda talebinin karşılanabilmesi için gıda arzı, tarım arazisi ve sera gazı azaltımı olmak üzere üç temel alandaki yetersizliklerin zaman kaybedilmeden kapatılması gerekmektedir. Örneğin, 2010 yılında üretilmekte olan gıda miktarı ile 2050 yılı için öngörülen gıda talebi arasındaki fark, gıda açığını ifade etmekte ve bu açığın 7,400 trilyon kalori ya da 2010 yılında elde edilenden %56 daha fazla tarım ürünü kalorisine eşit olduğu tahmin edilmektedir. Tarım verimlilikteki artış eğiliminin devam ettiği varsayılrsa dahi, 2010 yılındaki toplam tarım arazisi ile 2050 yılında ihtiyaç duyulacak olan tarım arazisi alanı arasındaki farkın yaratacağı yetersizliğin giderilmesi için 593 milyon hektar (neredeyse Hindistan'ın iki katı büyüklüğünde) bir alana ihtiyaç duyulacağı tahmin edilmektedir (FAO, 2011).

Arazi kullanımı nedeniyle 2050 yılındaki sera gazı salınımının 15 giga ton karbondioksit eşdeğeri olacağı öngörülmektedir; ancak küresel sıcaklık artışının sanayi devrimi öncesindeki sıcaklığın en fazla 2°C üzerinde tutulabilmesi için tarımın oransal etkisinin 4 giga ton düzeyinde kalması gerekmektedir (FAO, 2015). Dolayısıyla sera gazı emisyonundaki yetersizlik 11 giga ton olması beklenmektedir. Sıcaklık artışının 1.5 °C altında tutulabilmesi için, 4 giga ton hedefinin yanı sıra tarımdan kurtarılmış milyonlarca hektar alanın da ağaçlandırılması gerekir.

Çevresel sürdürülebilirlikte toprak ve su yönetimi, oldukça önemlidir. **Toprak** analizleri, hayvanların otlama alanlarında dışkılamaları sonucu oluşan atıkların ekosistem üzerine etkisi, toprağın doğal verimliliğini korumak ve zararlıların yoğunluğunu engellemek için doğru zamanda, doğru makine ve ekipmanla işlemek bunlara örnek verilebilir. Hayvancılıkta **suyun** kullanımı doğru yönetilmelidir (içme suyu ve yem bitkisi üretiminde su yönetimi, yer altı sularının kirliliği). Akıllı su yönetimi ile su kullanımını azaltmak amacıyla, ticari veya konut kaynaklarından atık suyun toplanıp sulamaya yönlendirilmesi, su çekiminin olumsuz etkilerini azaltacaktır. Sürdürülebilir drenaj şemalarının ve altyapı yatırımlarının yaratıcı bir şekilde uygulanması, yer altı suyu

çekiminde kısıtlamalarla karşılaşan ticari su kullanıcılarına cazip getiriler sunabilir.

Enerjiden yararlanma etkinliğinin iyileştirilmesinde, tarımsal işletmenin enerji gereksinimlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı tercih edilebilir. Hayvansal atıkların enerji üretiminde kullanılması için biyogaz tesisleri kurulması planlanabilir. Enerji tüketimi düşük, verimliliği yüksek ekipmanlar (sağım, karma yem sektörü) seçilebilir. Atık yönetiminde, hayvandan kaynaklı atıkları azaltmak ve geri dönüştürmek amacıyla ortaya çıkan atıkların, uygun şekilde işlendikten sonra kompost yapılarak veya doğrudan toprağa karıştırılması tercih edilebilir. Hayvansal üretimden kaynaklanan zararlı atıkların yeraltı sularına karışmasına karşı izleme ve denetleme sistemi oluşturulabilir. Hayvansal atık/gübre oluşumundan kaynaklı kokunun hava kalitesine olumsuz etkisi azaltılmaya çalışılmalıdır.

İklimе uyum ve adaptasyon ile azaltma stratejilerinin geliştirilmesi için, hayvancılık işletmelerinde gerçekleştirilen uygulamalardan kaynaklanan iklim değişikliğinin temel sebeplerinden biri olan sera gazı (metan, azot oksit, karbondioksit vb.) emisyon ölçümleri ve takibi yapılmalıdır. Sera gazı emisyonlarını azaltmak hedeflenmelidir (yem bitkisi üretimi, karma yem sektörü, gübre yönetimi, ruminantlarda enterik metan salınımı azaltıcı hayvan besleme stratejileri)

3. DİJİTAL HAYVANCILIK VE SÜRDÜRÜBİLİRLİK

3.1. Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin interneti (IoT), hayvancılık sektöründe veri toplama ve izleme süreçlerini devrim niteliğinde değiştirmektedir. IoT, sensörlerin ve cihazların birbirine bağlanmasını sağlayarak gerçek zamanlı veri akışı oluşturur. Bu veriler, hayvan sağlığı, yem tüketimi ve çevresel koşullar hakkında sürekli bilgi sağlar. Örneğin, sıcaklık ve nem sensörleri, hayvanların bulunduğu ortam koşullarını izler. Araştırmalar, optimal çevresel koşulların sağlanmasının hayvanların performansını artırdığını göstermektedir (Mane, 2020). İyi bir çevresel kontrol, hayvan stresini azaltır ve dolayısıyla sağlık ve üretkenliği olumlu yönde etkiler.

IoT uygulamaları, hastalıkların erken tespitinde de önemli bir rol oynamaktadır. Sensörler aracılığıyla toplanan veriler analiz edilerek

hayvanların sağlığı üzerindeki anormallikler hızlı bir şekilde tespit edilebilir. Örneğin, ateş, anormal hareket veya yem tüketimindeki değişiklikler sağlık problemlerinin işaretleri olabilir. Bu tür uyarılar, çiftçilere zamanında müdahale imkânı tanır ve bu sayede hayvanların sağlığı daha iyi korunabilir (Abdullah vd., 2022). Dolayısıyla, IoT teknolojileri hem maliyetleri azaltır hem de hayvan refahını artırarak sürdürülebilir üretim süreçlerini destekler.

Aynı zamanda, IoT ile sağlanan veriler, çiftlik yönetim sistemlerinin optimize edilmesine olanak tanır. Çiftlik yöneticileri, hayvanların sağlık durumu, beslenme alışkanlıkları ve çevresel koşullar hakkında daha fazla bilgiye sahip olarak daha bilinçli kararlar alabilirler. Örneğin, sıcaklık ve nem verileri kullanılarak ahırların iklim kontrol sistemleri optimize edilebilir. Bu, enerji maliyetlerini düşürerek çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunur (Wolfert vd., 2017). Dolayısıyla, IoT uygulamaları hem üretim hem de işletme verimliliğini artırarak dijital hayvancılığın önemli bir yanını oluşturur.

3.2. Veri Yönetimi ve Analitiği

Veri yönetimi ve analitiği, dijital hayvancılığın temel bileşenlerinden biridir. Hayvancılık sektöründe toplanan büyük veriler, karar verme süreçlerini desteklemek amacıyla analiz edilir. Bu süreç, özellikle çiftliklerdeki verimliliği artırmak ve çevresel etkileri minimize etmek açısından kritik öneme sahiptir. Büyük veri analitiği, toplanan bilgilerin işlenmesi sayesinde hem geçmiş performansı değerlendirir hem de gelecekteki olası senaryoları öngörür (Abdullah vd., 2022). Böylece, çiftçiler daha bilinçli ve stratejik kararlar alabilir.

Ayrıca, veri analitiği kullanıldığında hayvancılıkta ortaya çıkan çeşitli sorunları öngörmek mümkün hale gelir. Örneğin, geçmiş yıllardaki beslenme verileri analiz edilerek hangi yem türlerinin hayvanlar üzerindeki etkileri değerlendirilebilir. Böylece, beslenme planları optimize edilerek yem maliyetleri düşürülmekte ve verimlilik artırılmaktadır (Makkar, 2016). Bu tür verilerin analizi, hayvanların genel sağlığını ve refahını olumlu etkilerken, kaynak kullanımını da iyileştirir.

Veri yönetimi ve analitiği ayrıca, çevresel sürdürülebilirliği artırmak amacıyla da kullanılabilir. Çiftliklerdeki çevresel etki göstergeleri, büyük veri ile analiz edilerek emisyonlar ve kaynak tüketimi hakkında bilgi sağlar. Bu

veriler, çiftçilere üretim süreçlerini daha sürdürülebilir hale getirecek düzenlemeler yapma konusunda yardımcı olur (Cruz vd., 2018). Sonuç olarak, veri yönetimi ve analitiği, hayvancılık sektöründe sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmanın anahtarıdır.

3.3. Otonom Sistemler

Otonom sistemler, dijital hayvancılığın önemli bir boyutunu oluşturur. Bu sistemler, çiftliklerde iş gücünü azaltarak ve iş süreçlerini hızlandırarak büyük bir etki yaratmaktadır. Otonom traktörler, otomatik yemleme robotları ve süt sağım robotları gibi teknolojiler, geleneksel hayvancılık uygulamalarını modernleştirerek verimliliği artırmaktadır. Otonom traktörler, arazilerin işlenmesini hızlandırırken insan müdahalesine olan ihtiyacı azaltarak iş gücü maliyetlerini düşürmektedir (Parra-López vd., 2024). Bu tür uygulamalar hem zaman kazandırmakta hem de çiftçilerin diğer kritik faaliyetlere odaklanmalarına imkân tanımaktadır.

Örneğin sağım robotları, süt sağım işlemlerini otomatikleştirerek çalışanların iş yükünü hafifletmektedir. Otomatik sağım, hayvanların stressiz bir ortamda sağlanmasına olanak tanırken, sağım sürecinin verimliliğini artırmaktadır (Rodenburg vd., 2017). Bu robotlar, hayvanların bireysel ihtiyaçlarını gözeterek sağım sıklığını ve süresini optimize eder. Dolayısıyla, hayvan refahını artırarak hem süt kalitesini hem de miktarını yükseltir. Otonom sistemler, üretimde sağlanan bu artışlarla birlikte kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar.

Otonom sistemler, tarım operasyonlarının dijitalleşmesine katkıda bulunarak sürdürülebilir bir yaklaşım benimsemekte kritik roller üstlenir. Elde edilen veriler, çiftlik yönetimi yazılımlarında kullanılabilir ve üretim sürecinin yönetilmesine yardımcı olur. Örneğin, yemleme robotları, hayvanların günlük yem ihtiyaçlarını karşılamak için otomatik sistemlerle entegre edilebilir. Bu tür uygulamalar, yem maliyetlerini düşürmekte ve kaynakların verimli kullanımını teşvik etmektedir (Makkar, 2016). Sonuç olarak, otonom sistemler, tarımsal üretim sistemlerinin modernleşmesinde ve sürdürülebilirliğin sağlanmasında kritik bir unsurdur.

3.4. Akıllı Yemleme Sistemleri

Akıllı yemleme sistemleri, hayvanların beslenme ihtiyaçlarını optimize ederek sürdürülebilirliği artıran önemli teknolojilerdir. Bu sistemler, hayvanların bireysel ihtiyaçlarını karşılamak için otomatik yemleme mekanizmaları kullanır. Otomatik yemleme süreçleri, yem israfını en aza indirir ve maliyetleri düşürür. Kişiselleştirilmiş yemleme, her bir hayvanın sağlık durumu ve yaşına göre ayarlanabilir; bu da genel verimliliği artırır (Makkar, 2016).

Bu uygulamalar, yem hanelerinin izlenmesi ve yönetimi için de büyük önem taşır. Akıllı sistemler, hayvanların yem tüketimlerini anlık olarak gözlemleyerek gereksiz yem tüketimini önler. Bu, çiftçilerin daha sürdürülebilir bir beslenme ve yönetim stratejisi geliştirmelerine olanak tanır (Tedeschi vd., 2017). Bu bağlamda, yemleme sistemlerinin etkili bir şekilde kullanılması hem çiftlik verimliliğini hem de sürdürülebilirliği artırmaktadır.

Ayrıca, akıllı yemleme sistemleri çevresel etki göstergelerinin izlenmesine de katkı sağlar. Yem verimliliğinin artırılması, gıda atıklarını azaltarak çevresel sürdürülebilirliği olumlu yönde etkiler. Daha az yem israfı, sera gazı emisyonlarının da azalmasına yardımcı olur. Bu tür sistemler, aynı zamanda hayvanların daha sağlıklı beslenmesini sağlar; bu da çiftçilerin üretim maliyetlerini ve genel işletme karlılıklarını olumlu yönde etkiler (Alipio ve Villena, 2023). Sonuç olarak, akıllı yemleme sistemleri, hayvancılıkta sürdürülebilirliği sağlama konusunda etkili bir yöntemdir.

3.5. Hayvan Sağlığı İzleme

Hayvan sağlığı izleme sistemleri, hayvancılıkta sürdürülebilirliğin sağlanmasında kritik bir rol oynar. Giyilebilir teknolojiler ve telemetri sistemleri, hayvanların sağlık durumunu sürekli izler. Bu sistemler, hayvanların aktivite düzeylerini, vücut sıcaklıklarını ve diğer sağlık göstergelerini takip ederek beslenme ve bakım süreçlerini yönetir (Alipio ve Villena, 2023). Sağlık verilerinin bu şekilde sürekli izlenmesi, sağlık sorunlarının erken tespitini mümkün kılar.

Örneğin, sıcaklık ve aktivite verileri analiz edilerek hayvanların sağlık durumu hakkında bilgi sahibi olunabilir. Anormal sıcaklık değişimleri veya beklenmedik hareket kalıpları, olası sağlık sorunlarının erken belirtileri olabilir.

Bu tür veriler, veterinerlerin müdahalede bulunmasını hızlandırarak hastalıkların yayılmasını önler (Gupta vd., 2024). Sonuç olarak, hayvan sağlığı izleme sistemleri hem hayvan refahını hem de işletme verimliliğini artırarak sürdürülebilir bir üretim modeli sunar.

Hayvan sağlığı izleme teknolojileri ayrıca, sağlık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlar. Bu veriler, hayvan grubundaki genel sağlığı değerlendirmek amacıyla analiz edilebilir. Örneğin, bir grup hayvanın sağlık verileri toplandığında, belirli bir hastalığın riskinin arttığı durumlar tespit edilebilir. Bu bilgi, çiftçilerin öncelikli olarak sağlık sorunları olan hayvanlar üzerinde yoğunlaşmasını sağlar; dolayısıyla bütçelerini daha etkili bir şekilde yönetmelerine yardımcı olur (Alipio ve Villena, 2023). Aynı zamanda, bu tür teknolojiler, hayvanların genel performansını artırarak çiftliklerin maliyetlerini düşürür.

Hayvan sağlığı izleme sistemleri, etik ve sosyal açılarından da önemlidir (Ilea, 2009). Hayvanların sağlığının düzenli olarak izlenmesi, hayvan refahını artıran uygulamaların benimsenmesini teşvik eder. Bu, tüketiciler arasında artan sürdürülebilirlik bilincine yanıt veren bir uygulamadır. Hayvan sağlığının izlenmesi, ayrıca gıda güvenliğini artırarak toplum genelindeki güven duygusunu pekiştirir. Sonuç olarak, dijital sağlık izleme sistemleri, hayvancılık sektöründe sürdürülebilirlik açısından kritik bir unsurdur.

3.6. Pazar ve Tüketici Etkileşimi

Dijital hayvancılık, pazar ve tüketici etkileşimlerini hızla dönüştürmektedir. E-ticaret platformları, üreticilere ürünlerini doğrudan tüketicilere ulaştırma fırsatı sunar. Bu durum, gıda tedarik zincirinin daha etkili ve daha kısa hale gelmesine katkı sağlamaktadır (Kumar vd., 2022). Üreticiler, ürünlerinin kalitesi üzerinde daha fazla kontrol sahibi olur ve alıcılarıyla doğrudan iletişim kurma imkânı bulur.

Dijital pazarlama stratejileri, tüketiciler ile etkileşimi artırarak bağların güçlenmesine yardımcı olur. Mobil uygulamalar, kullanıcıların gıda ürünlerine dair bilgi edinmesini sağlar. Tüketiciler, sürdürülebilir tarım uygulamalarını öğrenerek bu ürünleri tercih etme konusunda bilinçlenirler (Hassan, 2023). Bu durum, çevre dostu ürünlerin pazarındaki talebi artırır ve üreticilerin daha sürdürülebilir uygulamaları benimsemelerine yol açar.

Tüketici bilinçlendirme uygulamaları ve sosyal medya kampanyaları, gıda güvenliği ve sağlıklı seçimler konusunda toplumsal farkındalığı artırır. Bu sayede, üreticiler sürdürülebilirlik konusundaki çabalarını daha iyi tanıtabilir ve tüketicilere güven verebilir. Tüketici talebinin artması, ürünlerin kalitesinin yükseltilmesine ve pazarın genel sürdürülebilirliğine katkı sağlar (Kumar vd., 2022). Dolayısıyla, pazar etkileşimlerinin dijitalleşmesi, hem tüketici davranışlarını olumlu yönde etkilemekte hem de gıda sisteminin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır (Parra-López vd., 2024).

3.7. İzleme ve Raporlama

Dijital hayvancılık, sürdürülebilirlik uygulamalarının izlenmesi ve raporlanması sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Çiftliklerdeki çevresel etki göstergeleri, sürdürülebilirlik hedeflerinin izlenmesine olanak tanır. Su kullanımı, yem verimliliği ve sera gazı emisyonları gibi temel çevresel faktörlerin izlenmesi, çiftçilere üretim süreçlerini optimize etme imkânı verir (Cruz vd., 2018). Bu göstergelerin sürekli izlenmesi, çiftliklerin çevresel etkilerini anlamalarına yardımcı olur.

Şeffaf raporlama sistemleri hem tüketicilere hem de diğer paydaşlara güvenilir bilgi sağlar. Bu durum, üreticilerin sürdürülebilirlik konusundaki çabalarını daha görünür hale getirir. Üreticiler, çevresel etkilerini ve sürdürülebilir uygulamalarını açıklamak için bu verileri kullanabilir. Ayrıca, tüketiciler, satın almak istedikleri ürünlerin arkasındaki sürdürülebilirlik uygulamalarını öğrenerek bilinçli seçimler yaparlar (Tripoli ve Schmidhuber., 2020). Bu tür şeffaflık, tüketici güvenini artırarak, müşterilerin markaya olan bağlılıklarını güçlendirir.

Sürdürülebilirlik raporları, çiftliklerin performansını izlemekle kalmaz, aynı zamanda çevresel etkilerini azaltma yönündeki çabalarını da belgeler. Örneğin, bir çiftlik, enerji tüketimi ve su kullanımıyla ilgili verimlilik projelerini gerçekleştirdiğinde, bu sonuçları raporlamak, diğer çiftliklere ilham vererek onların sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olabilir (Cruz vd., 2018). Ayrıca, bu raporlar, yatırımcıları ve diğer paydaşları bilgilendirme amacıyla da kullanılabilir; böylece finansman ve destek sağlama konusunda güven oluşturulabilir.

3.8. Yapay Zekâ (AI)

Hayvancılık, ulusal ekonomi ve insanların geçim kaynaklarıyla ilgili önemli bir sektör olmanın yanı sıra, günümüz toplumunda artan çevresel baskılar, hastalık önleme ve kontrolünde artan zorluklar ile kaynak kıtlığı gibi maliyetleri artıran birçok zorlukla karşı karşıyadır. Ancak, yapay zeka (AI) teknolojisinin gelişimi, bu sorunları çözmek için yeni fikirler ve yöntemler sunmaktadır. Çevresel sorunlar için AI, üreme süreci sırasında atık emisyonlarının izlenmesine ve kontrol edilmesine yardımcı olarak daha çevre dostu tedavi çözümleri sağlayabilir. Hastalık önleme ve kontrolü açısından, AI, hayvan sağlığı verilerini gerçek zamanlı olarak izlemek ve analiz ederek hastalık salgınları hakkında erken uyarı sistemleri geliştirebilir. Kaynak yönetimi açısından ise AI, yem talebini doğru bir şekilde tahmin edebilir, yem formülasyonunu optimize edebilir ve kaynak kullanım verimliliğini artırabilir. Yem bilimindeki araştırmalar, özellikle antibiyotik içermeyen yüksek kaliteli hayvancılık ürünleri üretmek için alternatif antibiyotik teknolojilerine ve moleküler mekanizmalara odaklanmaktadır. AI, hayvancılık endüstrisi için birçok zorluğun üstesinden gelmek amacıyla yenilikçi fikirler ve etkili çözümler sunabilir; ancak pratik uygulamalarda teknoloji maliyeti, veri güvenliği ve etik gibi konuların hala tam olarak ele alınması gerekmektedir (Can, 2024).

Yapay zekanın hayvan beslenmesi ve yem bilimiyle entegrasyonu konusunda yeni araştırmalar yapılmaktadır. Örneğin, arpanın endospermindeki mikro yapısal matrisin yem içsel yapılarını ruminantlarda besin maddesi kullanımı ve sindirim davranışına bağlamayı mümkün kılan SR-FTIR tekniği ilk defa kullanılmıştır (Egan, 2017). Bu teknik ile yemlerin özellikle rumende parçalanmayan protein özelliklerinin hızlıca belirlenmesi, işletme bazında rasyon hazırlamada önemli bir adım olmuştur. Hayvan besleme açısından, yapay zekâ, yem bileşimini ve hayvan büyüme özelliklerini analiz ederek optimum formülü tasarlar; büyüme hızını ve sağlık seviyesini iyileştirir ve maliyet tasarrufu sağlar. Yapay zekâ ayrıca yem alımını ve sindirimi gerçek zamanlı olarak izleyerek kişiselleştirilmiş yönetim sağlar. Yapay zekâ, büyük veri analizi ile bir arada kullanıldığında çevresel ayak izinin ölçülmesi, emisyonların çıkarılması ve hayvan besleme ortamlarının optimize edilmesi gibi avantajlar sunarak hem sağlık seviyelerini hem de üretim verimliliğini iyileştirir.

4. HASSAS YEMLEME VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Gelecekteki gıda talebindeki artışta hayvansal gıdanın önemi büyüktür. Bu nedenle, hayvansal üretimi daha sürdürülebilir kılmak için üreme, genetik, beslenme ve sağlığın daha iyi yönetimi yoluyla iyileştirmeler yapılmalıdır. Hassas tarım son birkaç on yılda önemli ölçüde genişlemiş ve sanayileşmiş olup, tarımda hassas teknolojilerin kullanımı için önemli fırsatlar sunmaktadır (Zhang ve Kovacs, 2012). Bu teknolojiler arasında küresel konumlandırma sistemi (GPS) güdümlü ekipmanlar, insansız hava araçları, robotik hasat ve izleme ekipmanları, tarımsal kimyasalların otomatik olarak uygulanmasına kadar çeşitli uygulamalar yer almaktadır. Ancak hassas hayvansal üretim, sınırlı bir genişleme göstermiştir. Sıcaklık monitörleri, rumen sensörleri ve robotik süt sağım makineleri gibi teknolojiler mevcut olsa da, hassas hayvancılığın benimsenmesi ve sanayileşmesi, bitkisel üretime paralel olmamıştır. Bitkisel ve hayvansal üretim arasında teknoloji alımındaki bu farklılığa katkıda bulunabilecek birçok faktör bulunmaktadır. Örneğin, bitkisel üretim için yönetim zaman ölçekleri genellikle günler veya haftalarla ölçülürken, hayvansal üretimde bu ölçekler saatler ile günler arasında değişmektedir. Beslenme, sağlık, üreme ve verimlilik konularında hayvansal üretim hem bireysel hem de grup olarak ele alınmalıdır; oysa bitkisel üretim daha çok tarla odaklıdır (tek tek bitkilerden ziyade). Hayvan kayıpları, mahsul kayıplarından farklı algılanmakta ve genellikle hayvan temelli karar teknolojisine daha yüksek standartlar getirmektedir. Bu zorluklar bir araya geldiğinde, hayvansal üretimin farklı türde teknolojik müdahaleler gerektireceği sonucuna varılmaktadır. Bu nedenle, hassas teknolojilerin hayvansal beslenme alanında uygun olabileceği fırsatların araştırılması önemlidir (Liebe ve White, 2019).

Hassas hayvan besleme için yönetim uygulamalarına aşağıdaki örnekler verilebilir:

4.1. Rumen Fermantasyonunun Optimizasyonu

Kalıcı rumen sensörleri gibi teknolojilerin ortaya çıkması, rumen pH'nın gün boyunca nasıl değiştiğini daha kesin bir şekilde anlamayı sağlamıştır. Bu sensörlerin diğer önemli metabolitlerin kaydını da içerecek şekilde genişletilmesi, fermantasyon profilini daha hassas bir şekilde dikkate alan besleme önerilerinin geliştirilmesini sağlayabilir.

4.2. Metabolik Hastalıkların Tespiti

Analitik yaklaşımlar, süt endüstrisinde maliyetli sağlık sorunlarının (örneğin mastitis) tespitinde mevcut çabalara benzer şekilde metabolik hastalık riskini belirlemek amacıyla kullanılabilir. Bu hastalıklar, genel popülasyona kıyasla genellikle daha az vaka ile görülür; bu nedenle tahminleri zorlaştırmaktadır. Örneğin, klinik mastitis insidans oranı, çiftliğe göre değişiklik gösterebilir; ulusal ortalamada 100 inek laktasyonu başına yaklaşık 15 vaka bulunmaktadır, bu da rastgele seçilen bir emziren ineğin klinik mastitis geliştirme şansının oldukça düşük olduğu anlamına gelmektedir (yaklaşık %0,05). Veri tabanlarının seyrekliği veya çok az sayıda pozitif test vakası bulunması, doğru tahminleri zorlaştırmaktadır. Değiştirilmiş ağaç tabanlı algoritmalar gibi yeni analitik yaklaşımlar, eğitim verilerindeki vaka dengesini koruyarak kalıpların bulunmasına yardımcı olabilir. Daha fazla pozitif vakaya sahip olmak, tahmin doğruluğunu önemli ölçüde artırabilir; bu nedenle geçmiş verilerle yeni verilerin birleştirilerek daha büyük veri kümeleri oluşturulması da faydalı olacaktır. Önemle, pozitif vakaların artırılması kadar, fazla negatif vakaların çıkarılması da pozitif vakalara odaklanarak eğitim modellerinin iyileştirilmesine yardımcı olabilir. Ancak, bu modellerin etkinliğini sağlamak için uygun şekilde oranlanmış veri kümeleri üzerinde doğrulanması çok önemlidir. Makine öğreniminde seyrek verilerin yarattığı zorlukları ele alarak, metabolik hastalıkları tahmin etmek daha kolay hale getirilebilir; bu, daha az yanlış pozitif ile daha doğru sonuçlara yol açabilir.

4.3. Yanıt Temelli Besin Maddesi Gereksinimi Önerileri

Süt sığırları için mevcut besin gereksinimi sistemleri, üretim verimliliğini etkili bir şekilde artırmayabilecek belirli tavsiyelere odaklanmaktadır (örneğin NRC 2001). Birden fazla çevresel hedefi dikkate alan rasyonlar oluşturmak için çok kriterli optimizasyon potansiyeli bulunmaktadır. Bu yaklaşım, rasyon denklemlerinin girdilerle çıktıları doğru bir şekilde ilişkilendirmesi koşuluyla verimliliği ve ekonomik sonuçları da iyileştirebilir. Bununla birlikte, mevcut verilerin çoğunun grup halinde beslenen sığırlara dayanması ve bireysel tepkilerin farklı olabilmesi önemli bir engel teşkil etmektedir. Besleme ve beslenme sistemleri bireysel farklılıkları daha iyi hesaba katarsa, yanıt temelli bir besin gereksinimi modeli daha faydalı olacaktır.

4.4. Hassas Besleme Araştırmaları

Geviş getiren hayvanların beslenmesine yönelik araştırmalarda, araştırmacılar genellikle rumene erişmek için rumen kanülleri kullanmaktadır. Ancak bu yöntem fiziksel olarak zorlayıcı olabilir ve rumen içeriğinin farklı katmanlarını karıştırabilir. Bu zorluklar, rumen ortamının hassas bir şekilde izlenmesini engelleyebilir; ayrıca örnekleme rumen ortamını bozabilir ve mikro iklimini değiştirerek hatalı sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, rumen sensörlerini etkili bir şekilde izleyebilecek bir platform oluşturmak, rumendeki bu benzersiz mikro iklimleri incelemek için büyük bir fayda sağlar.

Rutten vd., (2013), 2002-2012 yılları arasında 139 süt ürünleri sensör sistemi üzerine yapılan 126 çalışmayı incelemiştir. Bu sistemler dördüncü seviyeye ayrılmıştır: I) teknik, II) veri yorumlama, III) bilgi entegrasyonu ve IV) karar verme. Tüm bu seviyeleri karşılayan sistemler, çiftçilerin çiftliklerini gerçek zamanlı verilere dayalı olarak yönetmelerine yardımcı olmak için bir sensör ve teknoloji ağı kullanan siber-fiziksel sistemler olarak tanımlanır. Ancak, 139 sistemden hiçbiri otomatik karar verme için verilerin diğer bilgilerle entegrasyonunu içermemektedir. Çoğu sistem yalnızca temel ham verileri veya olasılıkları sağlamakta ve çiftçileri karar verme konusunda kendi muhakemelerine güvenmek zorunda bırakmaktadır.

Basit modeller ortalama tahminler sunabilirken, bireysel varyasyonları ve gerçek hayattaki kararların karmaşıklığını ele almakta başarısız olmaktadır. Örneğin, bir ineğin belirli bir olasılıkla ketotik olduğunu bilmek, çiftçiye hayvanın sağlığıyla ilgili ne yapması gerektiği konusunda yol göstermez. Analitiğin etkili siber-fiziksel sistemlerin geliştirilmesine nasıl yardımcı olabileceğini daha iyi anlamak amacıyla, hassas beslenmede ortak bir hedef olarak süt ineklerinin otomatik bireyselleştirilmiş beslenmesini tartışmalıdır. Bu amaç için çeşitli analitik yöntemler keşfedilmeli ve bunların avantajları ile dezavantajları incelenmelidir (Liebe ve White, 2019).

5. SONUÇ

Sürdürülebilir hayvancılık, ekosistem dengesi, kaynak verimliliği ve toplumsal refahı bir arada gözetilen bir üretim modeli olarak günümüzde giderek önem kazanmaktadır. Bu kapsamda akıllı tarım teknolojilerinin entegrasyonu, hayvancılık işletmelerinin verimliliklerini artırırken çevresel etkilerini de

minimize etme potansiyeline sahiptir. Akıllı tarım, büyük veri analitiği, nesnelerin interneti (IoT), sensör tabanlı izleme sistemleri ve otomasyon gibi ileri teknolojileri bir araya getirerek, hayvancılığın her aşamasında bilgiye dayalı karar alma süreçlerini desteklemektedir.

Akıllı tarım uygulamaları, hayvan sağlığı ve refahı açısından önemli kazanımlar sunmaktadır. Gelişmiş izleme sistemleri sayesinde, hayvanların yaşam döngüsü boyunca sağlık durumu anlık olarak takip edilebilmekte ve gerekirse anında müdahale edilebilmektedir. Örneğin, giyilebilir teknolojilerle donatılan hayvanlar, fiziksel aktiviteleri, vücut sıcaklıkları ve yem alımları gibi verileri sürekli olarak iletebilmekte, bu veriler de hastalıkların erken teşhisini mümkün kılmaktadır. Beslenme yönetimi açısından, akıllı yemleme sistemleriyle besin içerikleri optimum seviyeye getirilirken, kaynak israfı önlenmekte ve üretkenlik artırılmaktadır.

Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında akıllı tarımın getirdiği avantajlar göz ardı edilemez. Otomasyon ve sensör teknolojileri, su kaynaklarının etkin kullanımını sağlamaktadır. Örneğin, akıllı sulama sistemleri, toprak nem seviyelerini takip ederek gerekli su miktarını otomatik olarak belirlemekte ve böylece su israfını azaltmaktadır. Ayrıca, yem bileşenlerinin optimize edilmesiyle sera gazı emisyonları küçültülmekte, böylece karbon ayak izinin azaltılmasına katkı sağlanmaktadır. Bu durum, yalnızca çevresel etkilerin iyileştirilmesi değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirliğin de desteklenmesi anlamına gelmektedir.

Sonuç olarak, akıllı tarım teknolojileri, sürdürülebilir hayvancılığın sürekliliği için vazgeçilmez bir unsurdur. Modern yenilikler, hayvancılıkta devrim yaratmakta, üretim verimliliğini artırırken kaynak kullanımını azaltmaktadır. Yenilikçi teknolojilerin entegrasyonu hem ekonomik verimliliği artırmakta hem de çevresel sürdürülebilirliği sağlamaktadır. Gelecek dönemde, bu uygulamaların yaygınlaşması ve geliştirilmesi, hayvancılık sektörünün daha sürdürülebilir hale gelmesini sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Alipio, M., & Villena, M. L. (2023). Intelligent wearable devices and biosensors for monitoring cattle health conditions: A review and classification. *Smart Health, 27*, 100369.
- Abdullah, M. M., Zhang, Y., & Ling, C. (2022). Big data analytics in agriculture: A review. *Agricultural Systems, 196*, 103253.
- Barilla Center for Food and Nutrition (BCFN). (2019). A Global Study on Nutrition, Agriculture and Food Waste. BCFN Resource (20.12.2024)
- Can, L. (2024, October). Application of Artificial Intelligence in Animal Nutrition and Feed Science. In 4th International Conference on Public Administration, Health and Humanity Development (PAHHD 2024) (pp. 187-194). Atlantis Press.
- Cruz, J. F., Mena, Y., and Rodríguez-Estévez (2018). Methodologies for Assessing Sustainability in Farming Systems. *Sustainability Assessment and Reporting*, Edited by Soner Gokten.
- Egan, A. R. (2017). Animal nutrition and feed science. *Engineering, 3*(5), 586-587.
- FAO (2011). *Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention*
- FAO (2015). *Food Wastage Footprint and Climate Change*. FAO, Rome, Italy.
- Gupta, S., Nirmala, T. V., Reddy, A. D., & Kumar, D. (2024). Smart Livestock Farming: Monitoring and Health Management through IoT. In *Agriculture 4.0* (pp. 202-223). CRC Press.
- Hassan, S. (2023). Opportunities and challenges of digital marketing in Bangladesh.
- Ilea, R. C. (2009). Intensive livestock farming: Global trends, increased environmental concerns, and ethical solutions. *J. Agric. Environ. Ethics, 22*, 153-167.
- Kumar, A., Mangla, S. K., & Kumar, P. (2022). An integrated literature review on sustainable food supply chains: Exploring research themes and future directions. *Science of The Total Environment, 821*, 153411.
- Liebe, D. M., & White, R. R. (2019). Analytics in sustainable precision animal nutrition. *Animal Frontiers, 9*(2), 16-24.
- Makkar, H. P. (2016). Smart livestock feeding strategies for harvesting triple gain—the desired outcomes in planet, people and profit dimensions: a developing country perspective. *Animal Production Science, 56*(3), 519-534.
- Mane, P. (2020). IoT-Based smart agriculture: applications and challenges. *International Journal of Advanced Research in Computer Science, 11*(1), 1-6.
- National Research Council, Committee on Animal Nutrition, & Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. NRC (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle: 2001*. National Academies Press. Rome, Italy.

- Parra-López, C., Abdallah, S. B., Garcia-Garcia, G., Hassoun, A., Sánchez-Zamora, P., Trollman, H., ... & Carmona-Torres, C. (2024). Integrating digital technologies in agriculture for climate change adaptation and mitigation: State of the art and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 226, 109412.
- Rodenburg, J. (2017). Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7729-7738.
- Rutten, C. J., Velthuis, A. G. J., Steeneveld, W., & Hogeveen, H. (2013). Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 96(4), 1928-1952.
- Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Ülke Raporu (SGSÜR) (2021). Türkiye Raporu
- Tedeschi, L. O., Almeida, A. K. D., Atzori, A. S., Muir, J. P., Fonseca, M. A., & Cannas, A. (2017). A glimpse of the future in animal nutrition science. 1. Past and future challenges. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(5), 438-451.
- Tripoli M. & Schmidhuber, J. (2020). Optimizing Traceability in Trade for Live Animals and Animal Products with Digital Technologies. In *Ensuring Safe Trade in Animals and Animal Products* (C.Wolff & A.Hamilton, eds) Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz., 39 (1).
- Wolfert, S., Pyburn, R., & Essegbey, M. (2017). Big data in smart farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80.
- Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 13, 693–712



ISBN: 978-625-378-126-2