

BAHÇE BİTKİLERİNDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR VE MODERN TARIM UYGULAMALARI

EDİTÖRLER
Prof. Dr. Melekber SÜLÜŞOĞLU DURUL
Dr. Öğr. Üyesi İlknur ESKİMEZ

İKSAD
Publishing House

BAHÇE BİTKİLERİNDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR VE MODERN TARIM UYGULAMALARI

EDİTÖRLER
Prof. Dr. Melekber SÜLÜŞOĞLU DURUL
Dr. Öğr. Üyesi İlknur ESKİMEZ

YAZARLAR
Prof. Dr. Ersin POLAT
Prof. Dr. Ferhad MURADOĞLU
Prof. Dr. Mehmet POLAT
Prof. Dr. Melekber SÜLÜŞOĞLU DURUL
Prof. Dr. Mustafa AKBULUT
Doç. Dr. Bahar AYDIN CAN
Doç. Dr. Ferit SÖNMEZ
Doç. Dr. Halil İbrahim ÖZTÜRK
Doç. Dr. Mesude ÜNAL
Doç. Dr. Sinem ÖZTÜRK ERDEM
Doç. Dr. Turgay KABAY
Dr. Öğr. Üyesi İlknur ESKİMEZ
Dr. Ebru AKYÜZ ÇAĞDAŞ
Öğr. Gör. Ayşegül HACIALİOĞLU
Öğr. Gör. Rüveyda BAĞBOZAN
Arş. Gör. Hakkı Ekrem SOYDEMİR
Arş. Gör. Merve KARAKOYUN MUTLUAY
Arş. Gör. Ömer ÖNEL
Arş. Gör. Şeyma BATUR
Arş. Gör. Şefik Tunahan ÇENGEL
Zir. Yük. Müh. Deniz GÜLKAYA ARITÜRK
Yük. Lis. Öğr. Mustafa ERDEN
Yük. Lis. Öğr. Süleyman AVCI
Aslı TORUN
Mehmet Ramazan BOZHÜYÜK

İKSAD
Publishing House

Copyright © 2025 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2025©

ISBN: 978-625-378-551-2
Cover Design: İbrahim KAYA
December / 2025
Ankara / Türkiye
Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ……1

BÖLÜM 1

ORMAN MEYVELERİ

Mehmet Ramazan BOZHÜYÜK.....….…....3

BÖLÜM 2

BULUT MEYVESİ (*Rubus chamaemourus* L.)

Ziraat Yüksek Müh. Deniz GÜLKAYA ARITÜRK

Prof. Dr. Mehmet POLAT

Dr. Ebru AKYÜZ ÇAĞDAŞ

Öğr. Gör. Rüveyda BAĞBOZAN.……...…..…..19

BÖLÜM 3

ÜZÜMSÜ MEYVELERDE BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİLERİNİN KULLANIMINA YÖNELİK GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Doç. Dr. Sinem ÖZTÜRK ERDEM

Arş. Gör. Merve KARAKOYUN MUTLUAY

Yük. Lis. Öğr. Süleyman AVCI

Yük. Lis. Öğr. Mustafa ERDEN.……...……...55

BÖLÜM 4

MEYVE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE BİOCHAR, HYDROCHAR VE PYROCHAR UYGULAMALARI: GÜNCEL BİR DEĞERLENDİRME

Doç. Dr. Ferit SÖNMEZ

Aslı TORUN..……..…….81

BÖLÜM 5

KLASİK FİDAN ANAÇLARINDAN KLONAL MELEZLERE: CEVİZ ANAÇLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ VE GÜNCEL UYGULAMALARI

Prof. Dr. Ferhad MURADOĞLU

Arş. Gör. Şeyma BATUR……..….109

BÖLÜM 6

MEYVE AĞAÇLARININ HASAT SONU GÜBRELENMESİ ve ÖNEMİ

Doç. Dr. Mesude ÜNAL...…….143

BÖLÜM 7

KİRAZLARDA TUZ STRESİ: FİZYOLOJİK, MOLEKÜLER VE UYGULAMALI YAKLAŞIMLAR

Prof. Dr. Melekber SÜLÜŞOĞLU DURUL.....……..161

BÖLÜM 8

KÜRESEL SÜS BİTKİLERİ SEKTÖRÜNDE TÜRKİYE'NİN YERİ VE ÜLKE EKONOMİSİNE KATKISI

Öğr. Gör. Ayşegül HACIALİOĞLU

Doç. Dr. Bahar AYDIN CAN..……..…..177

BÖLÜM 9

ÇİÇEK SOĞANLARINDA *İN VİTRO* ÇALIŞMALAR

Dr. Öğr. Üyesi İlknur ESKİMEZ

Prof. Dr. Mehmet POLAT.……..…...197

BÖLÜM 10

BİTKİ DOKU KÜLTÜRÜNDE BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİLERİ

Prof. Dr. Ferhad MURADOĞLU

Arş. Gör. Şeyma BATUR

Arş. Gör. Hakkı Ekrem SOYDEMİR...……....51

BÖLÜM 11

SERALARDA HAVALANDIRMA

Doç. Dr. Turgay KABAY.……....…....77

BÖLÜM 12

SEBZE GENETİK KAYNAKLARI: BİYOÇEŞİTLİLİK, İNSAN SAĞLIĞI VE BESLENME BAKIMINDAN ÖNEMİ

Doç. Dr. Halil İbrahim ÖZTÜRK.……..…....91

BÖLÜM 13

İNSAN SAĞLIĞI BAKIMINDAN ÖN PLANA ÇIKAN SEBZELER VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Doç. Dr. Halil İbrahim ÖZTÜRK.…….....113

BÖLÜM 14

BEYAZ ŞAPKALI MANTAR ÜRETİMİNDE ÖRTÜ TOPRAĞI KULLANIMI: KÜRESEL YAKLAŞIMLAR VE GÜNCEL EĞİLİMLER

Arş. Gör. Ömer ÖNEL

Prof. Dr. Ersin POLAT.……..139

BÖLÜM 15

***Lilium Oriental* cv. '*Casa Blanca*'nın SÜS BİTKİSİ OLARAK KULLANIMI**

Dr. Öğr. Üyesi İlknur ESKİMEZ.……..…....165

CHAPTER 16

THE RISING VALUE AND ADVANTAGES OF BLUEBERRY (*Vaccinium* spp.) IN THE EASTERN BLACK SEA REGION

Res. Asst. Şefik Tunahan ÇENGEL

Prof. Dr. Mustafa AKBULUT ……..….185

ÖNSÖZ

Bahçe bitkileri yetiştiriciliği, tarımın en dinamik ve ekonomik değeri yüksek alanlarından biridir. Bu kitap, bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde modern yaklaşımları ve güncel konuları bir araya getirmek amacıyla hazırlanmıştır. Doğal ekosistemlerde uzun yıllardır varlığını sürdüren meyvelerin kültüre alınarak ekonomiye kazandırılması, yetiştiriciler ve meyve bilimi açısından önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Kitapta yer alan bölümlerde bu dönüşümün bilimsel temelleri ele alınmaktadır.

Artan çevreci baskılar ve değişen iklim koşulları, bahçe bitkileri bilimini sürekli yenilenen bir araştırma alanına dönüştürmüştür. Bitki fizyoloji, toprak bilimi, biyoteknoloji ve kültürel uygulamalar; stres koşullarına adaptasyon, toprak verimliliğinin artırılması, anaç ıslahı ve hasat sonrası uygulamalar günümüz bahçe bitkileri yetiştiriciliğinin önemli çalışma alanlarını oluşturmaktadır.

Klasik ceviz anaçlarından klonal melez anaçlara uzanan gelişim, modern meyvecilikte anaç ıslahının önemini açıkça göstermektedir. Toprak verimliliğini artırmaya yönelik biochar, hydrochar ve pyrochar uygulamaları; meyve ağaçlarında hasat sonu gübrelemeleri ve kirazlarda tuz stresine ilişkin çalışmalar, sürdürülebilir meyvecilik açısından yol gösterici niteliktedir. Bitki büyüme düzenleyicileri, bitki dünyasında adeta görünmez elçiler gibi çalışarak gelişim süreçlerini şekillendirmekte, üzümsü meyvelerde ve doku kültürü çalışmalarında bu düzenleyicilerin hem fizyolojik hem de biyoteknolojik açıdan değerlendirilmesi, değerli katkılar sunmaktadır.

Çiçek soğanlarında in vitro çoğaltım teknikleri, küresel süs bitkileri sektöründe güncel gelişmelerle birlikte ele alınmış; Türkiye'nin sektördeki yeri, ekonomik katkısı ve büyüme potansiyeli değerlendirilmiştir. Sebze genetik kaynaklarının geliştirilmesi ve insan sağlığı açısından taşıdığı önem, seralarda havalandırma yönetiminin örtü altı yetiştiriciliğinin gelişimine

katkıları, mantar üretiminde örtü toprağı kullanımına yönelik gelişmeler güncel literatürler ışığında işlenmiştir.

Bu kitap, bahçe bitkilerinin farklı alt dallarında geniş bir yelpazede güncel bilgileri bir araya getirerek, bahçe bitkileri alanında çalışan tüm paydaşlara bilimsel bir rehber olmayı ve sürdürülebilir üretim süreçlerine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bilimin gelişimine katkı sunmak, bu çalışmanın temel motivasyonudur. Konularını özveriyle işleyen, bilime gönül vermiş bölüm yazarlarımıza en içten teşekkür ve şükranlarımızı sunarız.

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Melekber SÜLÜŞOĞLU DURUL

Dr. Öğr. Üyesi İlknur ESKİMEZ

BÖLÜM 1

ORMAN MEYVELERİ

Mehmet Ramazan BOZHÜYÜK[1]

DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18117060

[1] Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü 76100 Iğdır
ORCID:0000-0001-5021-6019 Email:mrbozhuyuk@gmail.com

ORMAN MEYVELERİ VE COĞRAFİ DAĞILIMI

Farklı kıtalarda yer alan ormanlık alanlarda bol miktarda doğal halde yabani yenilebilir orman meyveleri yer almaktadır (Şekil 1). Orman meyveleri, uzun yıllardır yerli toplulukların beslenmelerinde, geleneksel tıpta hastalıkların tedavisinde ve kültürel uygulamalarında önemli bir rol oynamıştır.

Geniş bir morfolojik çeşitlilik sergileyen orman meyveleri, vitaminler, mineraller ve biyoaktif bileşikler de dahil olmak üzere, temel besin maddelerinin hayati kaynakları olarak hizmet ederler ve özellikle kırsal ve ormana bağımlı nüfuslarda gıda güvenliği, sağlık ve genel refaha önemli ölçüde katkıda bulunurlar. Birçok yerli toplumda, yabani yenilebilir orman meyvelerine ilişkin bilgi nesilden nesile aktarılmış ve yerel ekolojik ve etnobotanik geleneklerin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir (Pinela vd. 2017; Aryal vd. 2018; Suwardi vd. 2019).

Besin değerlerinin ötesinde, birçok yabani yenilebilir orman meyvesi tıbbi özelliklere sahiptir ve sindirim bozuklukları ve enfeksiyonlardan, ishal ve hipertansiyon gibi kronik durumlara kadar çeşitli rahatsızlıkları tedavi etmek için geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak, önemlerine rağmen, bu meyvelerin çoğu modern bilimsel araştırmalarda yeterince kullanılmamakta ve araştırılmamaktadır ve bu da sürdürülebilir tarım, ilaç ve gıda endüstrilerindeki potansiyel uygulamalarını sınırlamaktadır (Casanova-Perez vd. 2024; Talucder vd. 2024).

Odun dışı orman ürünleri olarak da adlandırılan orman meyveleri, yabani halde ormanlıklarda geniş yer işgal ederler. Genel olarak orman meyvelerinden ve çalılarından gıda, aromatik ürünler, tıbbi ve dekoratif bitki materyali dahil olmak üzere çok çeşitli ürünler elde edilmektedir (Lovric vd. 2020). Bu ürünler yerel halkın geçimine önemli ölçüde katkıda bulunur ve ormanlarda veya ormanların yakınında yaşayan kırsal haneler için önemli gelir kaynaklarıdır (Kamanga vd. 2009; Haubach vd. 2011). Dünya çapında yaklaşık bir milyar insan gıdasını ormanlardan elde etmekte ve bu insanların yaklaşık 300 milyonu

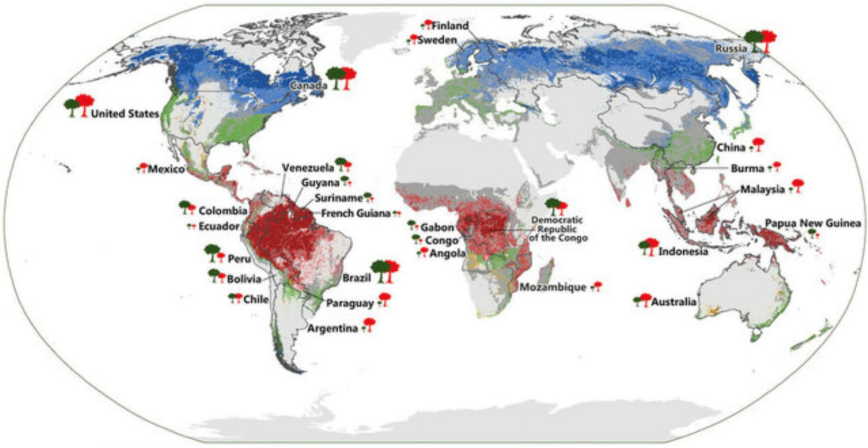
büyük ölçüde odun dışı orman ürünlerine bağımlıdır (Paumgarten ve Shackleton, 2009).



Şekil 1. Tayland'da Roi Et bölgesinde bulunan bazı orman meyveleri (**a**) *Polyalthia evecta* (**b**) *Uvaria rufa* (**c**) *Urceola polymorpha* (**d**) *Willughbeia edulis* (**e**) *Terminalia chebula* (**f**) *Diospyros decandra* (**g**) *Dialium cochinchinense* (**h**) *Sindora siamensis* (**i**) *Tamarindus indica* (**j**) *Irvingia malayana* (**k**) *Sandoricum koetjape* (**l**) *Syzygium antisepticum* (**m**) *Syzygium cumini* (**n**) *Adenia viridiflora* (**o**) *Passiflora foetida* (**p**) *Ziziphus mauritiana* (**q**) *Ziziphus oenopolia* (**r**) *Aegle marmelos* (**s**) *Nephelium hypoleucum* (**t**) *Ampelocissus martini* (Saensouk vd. 2025)

Birçok gelişmekte olan ülkede, kırsal kesimdeki insanların gelirinin %25'i kadarı doğal kaynakların hasadı, işlenmesi ve satışından elde edilmekte (Kamanga vd. 2009; Paumgarten ve Shackleton, 2009) ve odun dışı orman ürünler bazen kırsal hane gelirinin %90'ına kadar katkıda bulunabilmektedir (Sardeshpande ve Shackleton, 2019). Orman meyveleri dünya çapında her altı kişiden biri için önemli bir beslenme kaynağıdır. Orman meyveleri, düşük gelirli insanlar için önemli bir beslenme kaynağı sağlarken, aynı zamanda kırsal topluluklardaki yaşam standardını iyileştirmek için önemli bir gelir kaynağını temsil etmektedir (Ahmed, 2019). Yabani yenilebilir orman meyveleri, birçok yaygın rahatsızlığın tedavisinde etkili olan tıbbi özelliklere de sahiptir. Yabani yenilebilir orman meyveleri kozmetik, el sanatları, elyaf ve yakıt üretimi de dahil olmak üzere çok çeşitli diğer nihai kullanımlar için kullanılabilir. Son yirmi yılda, orman meyvelerinin gıda, ilaç ve diğer temel ürünler için önemine dair bilgi ve anlayışın geliştirilmesine olan ilgi muazzam bir şekilde artmıştır (Saensouk vd. 2025). Yabani yenilebilir orman meyvelerinin ticarileştirilmesine ve yeni pazar fırsatlarının belirlenmesine olan ilgi, son zamanlarda hükümetler tarafından kırsal geçim kaynaklarını çevreye duyarlı bir şekilde iyileştirmenin bir yolu olarak dile getirilmektedir. Hem gelişmekte olan hem de sanayileşmiş ülkelerde, emtia olarak ve özel yüksek fiyatlı ürünler olarak kullanılmak üzere doğal yenilebilir orman meyvelerine olan ilgi artmaktadır. Sanayileşmiş ülkelerde, sürdürülebilir ormancılığın bir bileşeni olarak doğal, geleneksel veya bölgesel ürünlere veya deneyimsel hizmetlere olan talep, doğal orman meyvelerine yeni fırsatlar sağlayan önemli bir eğilimdir. Pazarlar geliştikçe, bu yeni ürünlere olan talebin ve tüketimin artması beklenmektedir. Yabani yenilebilir orman meyvelerinin pazarlanmasındaki belirli zorluklar arasında hasadın mevsimselliği, üretimdeki yıllık değişiklikler, kısa raf ömürleri ve hızlı işleme ihtiyacı yer almaktadır. Gelir elde etmeyi artırmaya yönelik pazarlama yaklaşımları arasında bölgesel, organik veya diğer sertifikasyon etiketleri yer alabilir. Bu bağlamda orman meyvelerinin

işlenmesi, ticaret ve pazarlaması önemli bir konu olarak karşımızda bulunmaktadır. Dünya'da farklı iklim bölgelerine göre ormanlık alanların dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir. Haritada farklı renkler tarım öncesi orman; mevcut doğal orman ve bozulmamış orman alanlarını işaret etmektedir.



Şekil 2. Dünya'da ormanlık alanların dağılımı. Gri ile gösterilen alanlar tarım öncesi orman; koyu renk (koyu mavi, koyu yeşil, koyu kırmızı, koyu kahverengi) mevcut doğal orman ve açık renk ile gösterilenler (açık pembe, açık yeşil, açık kahverengi, açık mavi) bozulmamış orman alanlarını işaret etmektedir. Yeşil ağaç simgeleri, ilk 20 ülkenin küresel toplam bozulmamış orman alanlarına oranını gösterir. Kırmızı ağaç simgeleri ise bu ülkelerin toplam küresel brüt orman kaybı içindeki oranlarını göstermektedir.

Şekil 2'de ifade edildiği gibi Dünya üzerinde yer alan kıtalarda ormanlık alanlar önemli bir yer tutmaktadır. Geniş bir alana yayılan, bitki ve hayvan yaşamıyla tanınan zengin doğal ekosistemler olan ormanlar, Dünya'nın yaşamsal destek sistemidir ve gezegenin sağlığının sürdürülmesinde çok önemli bir rol oynarlar. Dünya kara yüzeyinin yaklaşık %31'ini kaplayan ormanlar, küresel çevrenin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır.

Başlıca orman meyveleri Tablo 1'de belirtilmiştir. Orman meyveleri, dünyanın dört bir yanındaki vahşi, ormanlık alanlarda doğal olarak yetişen çeşitli meyve grubudur. Kuzey ılıman ormanlarının serin ve yosunlu çalılıklarından, tropikal ormanların yemyeşil ve nemli gölgeliklerine kadar, bu meyveler bulundukları şartlara adapte olmuşlardır. Yoğun lezzetlerini ve güçlü

besinlerini zengin orman ekosistemlerinden alırlar. Entansif tarım uygulamalarıyla yetiştirilen ürünlerin aksine, orman meyveleri doğal koşullar altında gelişir ve bu da genellikle sağlık açısından faydalı bileşik konsantrasyonlarını artırır. Birçoğu, vücudu korumaya, bağışıklığı güçlendirmeye ve genel sağlığı desteklemeye yardımcı olan vitaminler, mineraller, lifler, mineraller, antioksidanlar ve fitokimyasallar açısından olağanüstü derecede zengindir (Ghanbari vd. 2020; Dinesha vd. 2024). Dünyanın dört bir yanından en dikkat çekici yenilebilir orman meyvelerinden ılıman kuşakta yaygınlık gösterenlerden bazıları aşağıda Tablo 1' de verilmiştir. Orman meyvelerinin her biri kendine özgü tat, doku ve besinsel faydalar sunarlar.

Tablo 1. Dünya'da ılıman kuşakta yaygınlık kazanan orman meyveleri

Türkçe ismi	**Latince ismi**
Yabani çilek	*Fragaria* spp.
Yabani maviyemiş	*Vaccinium myrtillus*
Cloudberry	*Rubus chamaemorus*
Yabani mürver	*Sambucus nigra*
Yabani ahududu	*Rubus* spp.
Yabani böğürtlen	*Rubus* spp.
Yabani üvez	*Sorbus aucuparia*
Yabani bektaşi üzümü	*Ribes uva-crispa*
Yabani frenk üzümü	*Ribes* spp.
Yabani alıç	*Crataegus* spp.
Yabani erik	*Prunus* spp.
Yabani kızılcık	*Cornus* spp.
Yabani kiraz	*Prunus avium*
Yabani dut	*Morus* spp.
Kuşburnu	*Rosa* spp.
Goji berry (Kurt üzümü)	*Lycium barbarum*
Aronya	*Aronia melanocarpa*

ORMAN MEYVELERİ VE SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMLERİ

Orman meyveleri sadece lezzetli olmakla kalmaz, aynı zamanda sayısız sağlık faydası da sunmaktadır. Orman meyvelerinin sağlığı geliştirici potansiyeli, esas olarak bu meyvelerin fitokimyasal ve vitamin içeriğine dayanmakta ve ayrıca yüksek lif içerikleri nedeniyle sindirim sistemi için meyvelerin potansiyel faydalarını içermektedir. Ayrıca, bağışıklık sistemi üzerindeki etkileri, öncelikle bağışıklık sisteminin ve faydalı mikrobiyotanın desteklenmesinden premalign ve malign lezyonların sayısının ve boyutunun azaltılmasına kadar uzanmaktadır. Yukarıda bahsedilen faydalar, orman meyvelerinin gücünü göstermekte ve bu meyvelerin çeşitli gastrointestinal ve bağışıklık ile ilgili hastalıklar için yerleşik tedavilere veya terapilere güçlü bir yardımcı madde olarak hizmet edebileceğini düşündürmektedir (Kim vd. 2021; De Amicis vd. 2022; Vandrame vd. 2022).

Mavi yemiş, kızılcık, çilek, ahududu, siyah frenk üzümü gibi orman meyveleri lif, vitamin, mineral ve polifenoller gibi biyoaktif bileşikler gibi çok çeşitli besin öğeleri içerir. Ortaya çıkan bilimsel kanıtlar, oksidatif stres, iltihap (enflamasyon), damar disfonksiyonu ve çok sayıda metabolik düzensizliğe karşı sağlığı geliştirici potansiyellerini desteklemektedir (Cianciosi vd. 2019; Vahapoglu vd. 2022; Martini vd. 2023). (Şekil 3).

1. Antioksidan özellikleri

Orman meyveleri, antosiyaninler, ellagik asit ve C vitamini gibi yüksek antioksidan içeriğiyle bilinir. Bu antioksidanlar, vücudu serbest radikallere karşı korumaya ve iltihabı azaltmaya yardımcı olur. Antioksidan fitokimyasalların önemli bir grubu olan fenoller, biyolojik ve serbest radikal giderici aktiviteleri nedeniyle büyük öneme sahiptir. Orman meyveleri fenoller açısından çok zengin bir kaynaktır (Prakash vd. 2011).

2. Kalp sağlığı

Kardiyovasküler hastalıklar dünya çapında önde gelen ölüm nedenidir. Sağlıksız beslenme, fiziksel aktivite eksikliği, sigara kullanımı, obezite, diyabet, dislipidemi (kandaki anormal lipidler) ve hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıkların başlıca nedenleridir (Hawkins vd. 2021). Kardiyovasküler risk çoğunlukla kolesterol ve hipertansiyon değerleri tarafından belirlenir. Bu nedenle, hipertansiyon ve yüksek kolesterolün önlenmesi, kardiyovasküler risklerin azaltılmasında önemli bir rol oynar. Yüksek fenolik içerikli orman meyveleri, bu risk faktörlerini düşürerek kardiyovasküler hastalıkları önleme potansiyeline sahiptir. Orman meyvelerindeki antosiyaninler ve flavonoidler, sağlıklı bir kalp için faydalıdır. Bu bileşikler, kötü kolesterol (LDL) seviyelerini düşürmeye ve kan basıncını iyileştirmeye katkıda bulunurlar (Huang vd. 2016).

3. Bağışıklık sistemi

Orman meyvelerindeki C vitamini, bağışıklık sistemini güçlendirmede ve vücudu hastalık ve enfeksiyonlardan korumada hayati bir rol oynar. Orman meyvelerinde bulunan polifenollerin bağışıklık sisteminizi olumlu yönde etkileyen antiviral ve antimikrobiyal özellikler sağlarlar. Orman meyveleri "küçük ama güçlüdür" ve bağışıklık sistemimiz için gerçek birer güç merkezi görevi görürler. Aromatik tatlarının yanı sıra birçok vitamin, mineral ve eser element açısından da zengindirler. Özellikle çilekler, yüksek C vitamini ve çinko seviyeleriyle yaz aylarında bağışıklık sistemini özel bir şekilde destekler. Ayrıca, orman meyveleri kırmızıdan mavi-mora kadar değişen flavonoidler sayesinde antioksidan etkiye sahiptir. "Radikal temizleyiciler" olarak görev yaparlar ve böylece bağışıklık sistemimizin hücrelerini korurlar. Siyah frenk üzümünün koyu rengi bu flavonoidlerden kaynaklanır. Ancak mürver, mavi yemiş ve böğürtlen de bu değerli renk maddelerini içerirler (Govers vd. 2018).

4. Beyin fonksiyonları

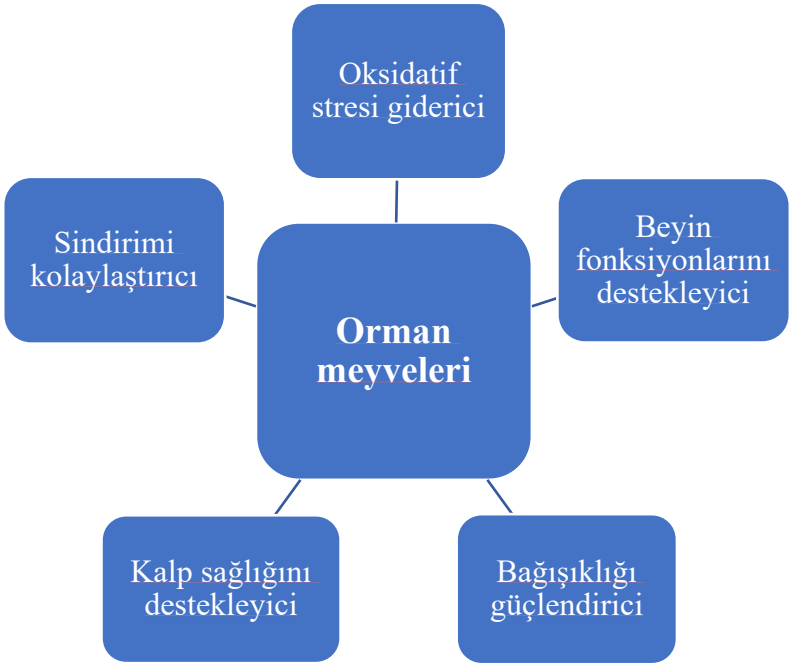
Çalışmalar, orman meyvelerindeki antioksidanların beyin fonksiyonlarını destekleyebileceğini ve bilişsel yaşlanma sürecini yavaşlatabileceğini göstermektedir (Subash vd. 2014; Singh vd. 2024).

Mavi yemiş, çilek, ahududu ve böğürtlen gibi orman meyvelerinin polifenoller, flavonoidler ve antosiyaninler de dahil olmak üzere zengin biyoaktif bileşik içerikleriyle bilinen nöroprotektif potansiyeli bulunmaktadır. Bu fitokimyasallar, nöroproteksiyonda kritik bir rol oynayabilecek antioksidan ve antiinflamatuar özelliklere sahiptir. Klinik çalışmalardan elde edilen yeni kanıtlar, orman meyveleri tüketiminin bilişsel işlevi artırabileceğini ve yaşa bağlı nörodejeneratif hastalıklara karşı koruma sağlayabileceğini göstermektedir. Özellikle, nörotransmisyon, hücre sağ kalımı, inflamasyon ve nöroplastisite ile ilgili sinyal yollarının düzenlenmesi, bu meyvelerin nöroproteksiyondaki önemini vurgulamaktadır (Kelly vd. 2018, Khan ve Wang, 2024).

5. Sindirim

Orman meyvelerinin birçok sağlık sorunu üzerindeki etkileri yaygın olarak araştırılmış olsada, gastrointestinal sistemler (GI) ve bozukluklar üzerindeki etkileri nispeten daha az çalışılmıştır. Esas olarak ağız, yemek borusu, mide ve bağırsaklardan oluşan gastrointestinal veya sindirim sistemi, giderek artan popülaritesiyle çeşitli sayıda *in vivo* ve *in vitro* çalışma ile orman meyvelerinin biyoaktiflerinin etkisi açısından incelenmiştir (Foito vd. 2018; Govers vd. 2018). Özellikle GI kanalındaki ROS, endojen antioksidan enzimlerin azaltılmasından kaynaklanan oksidatif doku hasarının başlıca indükleyicisi olup, gastrit, peptik ülser ve inflamatuar bağırsak hastalığı gibi çeşitli GI bozukluklarını tetiklemek için oksidatif stresi indüklemektedir. Orman meyvelerinin biyoaktiflerinin gastrointestinal oksidatif stres ve inflamasyona karşı koruyucu rolleri, her bir meyve için mide ve bağırsak

etkileri açısından kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve orman meyvelerinin biyoaktiflerinin gastrointestinal sistem üzerindeki umut verici sağlık etkileri tespit edilmiştir. Diğer yandan, orman meyvelerindeki lif, sindirim için faydalıdır ve bağırsak hareketlerini düzenlemeye yardımcı olmaktadır (Sangiovanni vd. 2017; Suresh vd. 2024).



Şekil 3. Orman meyvelerinin temel sağlık faydaları

KAYNAKLAR

Ahmed RMA. (2019). Contribution of wild edible fruits to rural peoples income. In *Wild Fruits: Composition, Nutritional Value and Products*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 83-90.

Aryal KP, Poudel S, Chaudhary RP, Chettri N, Chaudhary P, Ning W, Kotru R. (2018). Diversity and use of wild and non-cultivated edible plants in the Western Himalaya. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 14:10. https://doi.org/10.1186/s13002-018-0211-1.

Casanova-Pérez L, Cruz-Bautista P, San Juan-Martínez A, García-Alonso F, Barrios F. (2024). Underutilized food plants and their potential contribution to food security: Lessons learned from the local context. Agroecology and Sustainable Food Systems, 48:1265-1288. https://doi.org/10.1080/21683565.2024.2388687.

Cianciosi D, Simal-Gándara J, Forbes-Hernández TY. (2019). The importance of berries in the human diet. Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism, 12(4):335-340. https://doi.org/10.3233/MNM-190366.

De Amicis R, Mambrini SP, Pellizzari M, Foppiani A, Bertoli S, Battezzati A, Leone A. (2022). Systematic review on the potential effect of berry intake in the cognitive functions of healthy people. Nutrients, 14 (14):2977. https://doi.org/10.3390/nu14142977.

Dinesha S, Rakesh S, Sarkar D, Prakash Kumar JHA, Balasani R, Shikha, Saswat K, Seth V, Rakshit A, Datta R, Ercisli S. (2024). Underutilized edible fruit species of the Indo-Gangetic Plains: A systematic review for food security and land degradation neutrality. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 48 (3):443 469. https://doi.org/10.55730/1300-011X.3193.

Foito A, McDougall GJ, Stewart D. (2018). Evidence for Health Benefits of Berries. In Annual Plant Reviews online, J.A. Roberts (Ed.). https://doi.org/10.1002/9781119312994. apr0600.

Ghanbari S, Heshmatol Vaezin SM, Shamekhi T, Eastin IL, Lovric N, Aghai MM (2020). The economic and biological benefits of non-wood forest products to local communities in Iran. Economic Botay, 74: 59-73. https://doi.org/10.1007/s12231-019-09478-9.

Govers C, Berkel Kasikci M, van der Sluis AA, Mes JJ. (2018). Review of the health effects of berries and their phytochemicals on the digestive and immune systems. Nutrition Reviews, 76(1):29-46. https://doi.org/10.1093/nutrit/nux039.

Hawkins J, Hires C, Baker C, Keenan L, Bush M. (2020). Daily supplementation with aronia melanocarpa (chokeberry) reduces blood pressure and cholesterol: a meta analysis of controlled clinical trials. Journal of Dietary Supplements, 18 (5): 517-530. https://doi.org/10.1080/19390211.2020.1800887.

Heubach K, Wittig R, Nuppenau E-A, Hahn K. (2011). The economic importance of non-timber forest products (NTFPs) for livelihood maintenance of rural west African communities: A case study from northern Benin. Ecological Economics. 70 (11):1991-2001. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.05.015.

Huang H, Chen G, Liao D, Zhu Y, Xue X. (2016). Effects of berries consumption on cardiovascular risk factors: A meta-analysis with trial sequential analysis of randomized controlled trials. Scientific Reports, 6:23625. https://doi.org/10.1038/srep23625.

Kamanga P, Vedeld P, Sjaastad E. (2009). Forest incomes and rural livelihoods in Chiradzulu District, Malawi. Ecological Economics. 68 (3): 613-624. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.08.018.

Kelly E, Vyas P, Weber JT. (2018). Biochemical properties and neuroprotective effects of compounds in various species of berries. Molecules, 23(1):26. https://doi.org/10.3390/molecules23010026.

Khan WA, Wang G. (2024). Neuroprotective potential of berry fruits in mitigating neurodegenerative diseases: A focus on Huntington's disease. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.114294.

Kim H-Y, Yoon J-J, Lee H-K, Tai A-L, Lee Y-J, Kim D-S, Kang D-G, Lee H-S. (2021). Blackcurrant improves diabetic cardiovascular dysfunction by reducing inflammatory cytokines in Type 2 diabetes mellitus mice. Nutrients, 13(11):4177. https://doi.org/10.3390/nu13114177.

Lovric M, Da Re R, Vidale E, Prokofieva I, Wong J, Pettenella D, Verkerk PJ, Mavsar R. (2020). Non-wood forest products in Europe-A quantitative overview, Forest Policy and Economics. 116:102175. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102175.

Martini D, Marino M, Del Bo' C. (2023). Berries and human health: Mechanisms and evidence. Nutrients, 15(11):2527. https://doi.org/10.3390/nu15112527.

Paumgarten F, Shackleton CM (2009). Wealth differentiation in household use and trade in non-timber forest products in South Africa. Ecological Economics. 68 (12):2950-2959. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.06.013.

Pinela J, Carvalho AM, Ferreira ICFR. (2017). Wild edible plants: Nutritional and toxicological characteristics, retrieval strategies, and importance for Today's Society. Food and Chemical Toxicology, 110:165-188. https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.10.020.

Prakash D, Upadhyay G, Pushpangadan P, Gupta C. (2011). Antioxidant and free radical scavenging activities of some fruits. Journal of Complementary and Integrative Medicine, 8 (1):23. https://doi.org/10.2202/1553-3840.1513.

Saensouk P, Saensouk S, Boonma T, Junsongduang A, Naing MK, Jitpromma T. (2025). Ethnomedicinal properties of wild edible fruit plants and their horticultural potential among indigenous Isan communities in Roi

Et province, Northeastern Thailand. Horticulturae, 11(8):885. https://doi.org/10.3390/horticulturae11080885.

Sangiovanni E, Fumagalli M, Dell'Agli M. (2017). Berries: Gastrointestinal protection against oxidative stress and inflammation. Editor(s): Jordi Gracia-Sancho, Josepa Salvadó. Gastrointestinal Tissue, 243-258. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805377-5.00018-7.

Sardeshpande M, Shackleton C. (2019). Wild edible fruits: A systematic review of an under-researched multifunctional NTFP (Non-Timber Forest Product). Forests. 10(6):467. https://doi.org/10.3390/f10060467.

Singh L, Wani AW, Shaifali, Sadawarti RK, Kaur H, Bashir O, Majeed J, Mirza AA, Sharma J, Ali S, Alsalman AJ, Al Hawaj MA, Almalak AE, Zengin G, Farid A. (2024). A comprehensive review on neurotrophic receptors and their implications in brain health: Exploring the neuroprotective potential of berries. Journal of Berry Research, 15 (1): 48-64. https://doi.org/10.1177/18785093241301881

Subash S, Essa MM, Al-Adawi S, Memon MA, Manivasagam T, Akbar M. (2014). Neuroprotective effects of berry fruits on neurodegenerative diseases. Neural Regeneration Research, 9 (16):1557-1566. https://doi.org/10.4103/1673-5374.139483.

Suresh A, Shobna MS, Morya S, Khalid W, Afzal FA. (2024). Dietary fiber: an unmatched food component for sustainable health. Food and Agricultural Immunology, 35 (1): 2384420. https://doi.org/10.1080/09540105.2024.2384420.

Suwardi AB, Harmawan T, Navia ZI, Syamsuardi S. (2019). The diversity of wild edible fruit plants and traditional knowledge in West Aceh Region, Indonesia. Journal of Medicinal Plants Studies, 7 (4):285-290.

Talucder MSA, Ruba UB, Robi MAS. (2024). Potentiality of neglected and underutilized species (NUS) as a future resilient food: A systematic

review. Journal of Agriculture Food Research, 16: 101116. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101116.

Vahapoglu B, Erskine E, Gultekin Subasi B, Capanoglu E. (2022). Recent studies on berry bioactives and their health-promoting roles. Molecules, 27(1):108. https://doi.org/10.3390/molecules27010108

Vendrame S, Adekeye TE, Klimis-Zacas D. (2022). The role of berry consumption on blood pressure regulation and hypertension: An overview of the clinical evidence. Nutrients, 14: 2701. https://doi.org/10.3390/nu14132701.

BÖLÜM 2

BULUT MEYVESİ (*Rubus chamaemourus* L.)

Ziraat Yüksek Müh. Deniz GÜLKAYA ARITÜRK[2]

Prof. Dr. Mehmet POLAT[3]

Dr. Ebru AKYÜZ ÇAĞDAŞ[3]

Öğr. Gör. Rüveyda BAĞBOZAN[4]

DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18117093

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

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

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

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

GİRİŞ

Rubus chamaemorus, Kuzey Yarımküre'de doğal olarak bulunan Kuzey iklimlerinde yetişen, çok yıllık, otsu ve dioik bir bitkidir. (Mäkınen ve Oıkarınen 1974; Hultén ve Fries, 1986). Bu tür, dünyada yetiştiği bölgelere özel olarak isimlendirilmiş olup İngilizce Cloudberry, Kanadaca Bakeapple, Norveççe Molte, Almanca Moltebeere, İsveççe Hjortron, Fince Hillan, Danca Multebaer, Lehçe Malina moroszka, Rusça Moroshka prizemistaya, Çekce Ostruinik olarak anılmaktadır (Østgård 1964; Mäkınen ve Oıkarınen 1974; Warr ve ark., 1979; Rapp 1991; Weber 1995; Thiem, 2003). Bu çeşitli isimler, bitkinin çeşitli kültürlerde tanınmasına katkı sağlarken, yöresel önemini ortaya koymakta ve aynı zamanda farklı coğrafi bölgelerdeki biyolojik çeşitliliğini yansıtmaktadır (Østgård, 1964; Makinen ve Oikarinen 1974; Warr ve ark., 1979; Rapp, 1991; Weber, 1995; Thiem, 2003).

Günümüzde İskandinav Bölgeleri'nde Arktik'in Altını olarakta bilinen bulut meyveleri yüksek ekonomik değere sahiptir (Nilsen, 2005). Türkiye'de yeterince bilinmeyen dolayısıyla henüz tam olarak isimlendirilmeyen bitki çeşitli kaynaklarda cloudberry, bulut yemişi, bulut meyvesi, bulut-norveç böğürtleni, bulut üzümü gibi benzeri isimlerle de karşımıza çıkmaktadır.Bulut meyvesi morfolojik açıdan ahududuyu, ekşi-tatlı lezzetiyle ise bektaşi üzümünü anımsatmaktadır (Thiem ve ark., 2003; Nilsen 2005). Pişirilerek tüketildiğinde ise elmaya benzer bir aroma profili sergilemektedir. Bulut meyvesi taze olarak tüketilmesini yanı sıra meyve suyu, likör tatlı, reçel ve jöle yapımı gibi kullanım alanlarına sahiptir (Nilsen, 2005).

,

Tablo 1.Ülkelere göre bulut meyvesinin özellikleri ve kullanım alanları

Ülke	Yerel Ad	Tat / Özellik	Kullanım
Norveç	Multe	Tatlı-ekşi, altın renk	Reçel
Finlandiya	Lakka	Yüksek C vitamini, Aromatik	Likör, reçel
İsveç	Hjortron	Tatlı-ekşi, yumuşak	Reçel, tatlı sosları
Kanada	Bakeapple	Yoğun aromalı, kehribar renk	Reçel,turta
Rusya	Moroshka	Ekşimsi, aromatik	Reçel,komposto, Kozmetik

Kaynak: Østgård 1964; Mäkınen ve Oıkarınen 1974; Warr ve ark., 1979; Rapp 1991; Weber 1995; Thiem, 2003

Bulut meyvesi, sınırlı üretim alanına sahip olmasına rağmen yüksek ekonomik değeri olan bir türdür. Küresel pazarda yıllık üretim hacminin 700–1000 ton düzeyinde olması ve üretimin büyük ölçüde Karelya Cumhuriyeti'nde yoğunlaşması, türün stratejik önemini ortaya koymaktadır. İşlenmiş ürünlerin %90'a yakın kısmının başta İskandinav ülkeleri olmak üzere dış pazarlarda değerlendirildiği öne sürülmektedir (Sklyarenko,2019; Gavrilova, 2022).

BESLENMEDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

Bulut meyvesi (*Rubus chamaemorus*), kendine has aromasının yanı sıra içerdiği zengin polifenol bileşenleri sayesinde sağlık açısından oldukça faydalıdır (Kähkönen ve ark., 2001; Thiem, 2003).

Meyvelerinin ellagitanninler ve fenolkarboksilik asitleri yüksek miktarda içermesi, bu bitkiyi diğer üzümsü meyvelerden ayıran temel özelliklerdendir (Kähkönen ve ark., 2001; Määttä-Riihinen ve ark., 2004; Heinonen, 2007; Martinussen ve ark., 2010; Jaakkola ve ark., 2012; Hykkerud ve ark., 2018). Yüksek ellagitannin ve proantosiyanidin içeriği sayesinde

gelecekte tıp ve farmakoloji alanlarında geniş bir kullanım potansiyeline sahip olacağı öne sürülmektedir (Thiem ve Berge, 2003; Kähkönen ve ark., 2012; Hykkerud ve ark., 2018).

Bulut meyvelerinde en çok bulunan ellagitanin miktarının 100 g kuru ağırlıkta 0,3 g olduğu saptanmıştır (Thorakkattu ve ark., 2025). Toplam fenolik miktarının büyük bir kısmını oluşturan ellagitanin, ellagik aside dönüşerek prostat kanseri hücrelerinin büyümesini engellemekte ve kalp damar sağlığı üzerine de olumlu etkilere sahiptir (Häkkinen, 1999; Koponen ve ark., 2007; Seeram ve ark., 2008; Larrosa ve ark., 2010).

Bilimsel araştırmalar, yaban mersini, bulut meyvesi gibi orman meyvelerinin kansere karşı koruyucu özellik göstermesinin yanı sıra genetik hasarı önleyici etkisiyle antikarsinojenik ile antimutajenik potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Manach, 2004; Dobson ve ark., 2012). Ayrıca, meyvelerinde yer alan polifenollerin antimikrobiyal, antidiyabetik, tümör gelişimini engelleyici (antineoplastik) ve bağırsak parazitlerini önleyici etkiler gösterebildiği bildirilmiştir (Battino ve ark., 2009; Dauchet ve ark., 2009; Paredes-López ve ark., 2010; Päivärinta,2017).

Bulut meyvesi yüksek lif içeriğine sahip olup, tohumlarında linoleik, α-linolenik, oleik ve palmitik asitleri barındırması nedeniyle besleyici bir yağ asidi profiline sahiptir (Laakso ve Voutilainen, 1996; Johansson ve ark., 1997 Jaakkola ve ark., 2012). Benzoik asit içeriği sayesinde doğal koruyucu özellik gösteren bulut meyveleri, aynı zamanda Fe, Cu, Mn, Zn, Mg, K, Ca ve P başta olmak üzere çok sayıda mikro ve makro besin elementi yönünden de oldukça zengindir (Koivistoinen ve ark., 1974; Harju ve Ronkainen, 1984; Kuhnlein ve ark., 1994).

Yapılan çalışmalar, bitkinin yaprak özütlerinin de yüksek polifenol ve antioksidan içeriğine sahip olduğunu göstermektedir (Chwil ve Kostryco, 2018; Faleva ve ark., 2023). Dolayısıyla meyvesinin yanı sıra yapraklarının da gıda, kozmetik, farmakoloji gibi alanlarda değerlendirilebilecek güçlü

biyolojik etkilere sahip doğal bir kaynak olduğu sonucuna varılmıştır (Thiem ve Goślińska, 2004; Faleva ve ark., 2023).

Bulut meyvesinin yüksek miktarda C vitamini ve E vitamini içeriğine sahip olduğu bilinmektedir (Nordnes ve Werenskiold, 1951; Østgård, 1964; Kähkönen ve ark., 2001; Thiem, 2003; McCallum ve ark., 2010). 100 gram taze meyvelerinde, yaklaşık 158 mg C vitamini bulunduğu dolayısıyla meyvelerin turunçgillerden daha yüksek bir C vitamini miktarına sahip olduğu belirlenmiştir (University of Alaska Fairbanks, Cooperative Extension Service, 2022). İçerdiği E vitamini, karotenoidler ve organik asitler bakımından, meyvenin hücrelerin koruması ve yaşlanmayı geciktirme etkisine sahip olabileceği ileri sürülmektedir (Thiem ve Berge 2003; Thorakkattu ve ark., 2025). Meyveye özgü rengin oluşumunda rol oynayan antosiyanin miktarının, çevre koşulları ve çeşide bağlı olarak değiştiği, ayrıca düşük sıcaklıklarda meyvedeki antosiyanin birikiminin arttığı belirlenmiştir (Kähkönen ve ark., 2001; Määttä-Riihinen ve ark., 2004; Heinonen, 2007; Connor ve ark., 2002; Wang ve ark., 2003; Anttonen ve Karjalainen, 2005; Kassim ve ark., 2009; McCallum ve ark., 2010).

BULUT MEYVESİNİN TARİHÇESİ, SİSTEMATİKTEKİ YERİ VE GERMPLAZMI

Tarihçesi

Rubus cinsi bitkiler, antik çağlardan günümüze kadar terapötik ve besleyici özellikleri nedeniyle insanlar tarafından oldukça sık kullanılmıştır.

MÖ 5. yüzyılda Hipokrat bu bitkileri sindirim sistemi rahatsızlıklarında önermiştir (Littre, 1979; Hendrickson, 1981; Hummer, 2010). MS 1. yüzyılda Dioscorides yaraların iyileştirilmesinde kullanılabileceğini belirtmiş, MS 77'de Plinius ise hemostatik özelliklerinden söz etmiştir. 6. yüzyıla ait Ayurvedik metinlerde ürogenital sistem hastalıklarında kullanımı kaydedilmiştir (Hummer, 2010).

Orta Çağ ve Rönesans döneminde ise Leechbook of Bald (10. yy) gastrointestinal enfeksiyonlar, Paracelsus (16. yy) periodontal hastalıklar ve John Gerard (1597) hemoroidal sorunlar için kullanımını önermiştir (Hummer, 2006). Bu dönemde, özellikle bulut meyvesi (*Rubus chamaemorus*), Sami ve Inuit toplulukları tarafından taze veya kurutulmuş olarak tüketilmiş, bağışıklık sistemini desteklemek, vitamin ihtiyacını karşılamak ve sindirim ile üriner sistem sağlığını korumak amacıyla kullanılmıştır. Eski yazılarda skorbüte karşı etkisinden söz edilmiş, hatta meyvelerin C vitamini ile ilişkisi bilinmeden bu meyvelerin kullandığı öne sürülmüştür (Lilienskiold, 2000; Alm, 1995; Nilsen, 2005). Norveç, Bergen'deki Orta Çağ kalıntılarında bulut meyvesi izleri bulunmuş ve türün yazılı olarak ilk tanımı, 1601'de Clusius'un *Rariorum plantarum historia* adlı eserinde yer almıştır (University of Bergen, 2022).

1593'te Bergenli Henrik Høyer tarafından gönderilen örnekler, bulut meyvesinin skorbüt hastalığı üzerindeki etkilerini vurgulamıştır (Nilsen, 2005). Bu bilgi, Kuzey Norveç'ten Bergen aracılığıyla Danimarka ve Almanya'ya yapılan büyük ölçekli ihracatta etkili olmuştur. 19. yüzyılda yapılan farmakognostik çalışmalar, bulut meyvelerinin yüksek tanen ve flavonoid içerdiğini ortaya koymuştur. 20. yüzyıl araştırmaları ise meyvelerinde bulunan antosiyanin ve ellagik asit gibi biyoaktif bileşiklerin güçlü antikanserojen özellikler taşıdığını göstermiştir (Manach, 2004; Dobson ve ark., 2012; Thorakkattu ve ark., 2025).

Güncel nutrasötik araştırmalar, bulut meyvesinin antiviral ve antidiyabetik etkilerini doğrulamakta antosiyanin ve C vitamini içeriği sayesinde yüksek antioksidan ve antimikrobiyal etkinliğe sahip olduğunu vurgulamaktadır (Battino ve ark., 2009; Dauchet ve ark., 2009; Paredes-López ve ark., 2010; Päivärinta,2017).

Sistematikteki Yeri

Taksonomik zenginliğe sahip olan Rubus cinsinin 12 alt cins içerisinde 750'den fazla türü içerdiği bilinmektedir (Focke, 1914; Finn, 2008). Bu geniş tür çeşitliliği, cinsin Antarktika dışında tüm kıtalarda doğal yayılış göstermesiyle birlikte, geniş ekolojik uyum ve küresel dağılım kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir (Finn, 2008; Wada ve Reed, 2011). Avrupa florasında yer alan Rubus L. cinsi, taksonomik olarak dört alt cinse ayrılmaktadır. Bu alt cinsler içinde en geniş grubu oluşturan Rubus alt cinsi yaklaşık 2000 taksonu kapsamakta olup, söz konusu taksonların büyük çoğunluğunun ekonomik açıdan belirgin bir değeri bulunmamaktadır (Weber, 1999; Thiem 2003). Buna karşılık, yalnızca tek bir tür içeren Chamaerubus O. Kuntze alt cinsi, yüksek besin değeri ve ticari önemi ile dikkat çeken *Rubus chamaemorus* L. türünü barındırması nedeniyle ayrıcalıklı bir konuma sahiptir (Weber, 1995; 1999; Thiem, 2003)

Bulut meyvesi (*Rubus chamaemorus* L) oktoploid (2n = 8x = 56) bir yapıya sahiptir (Larsson, 1958). Dolayısıyla bitkinin sahip olduğu genetik zenginliğin kromozom sayısından kaynaklı olduğu ileri sürülmektedir (Larsson ve Gunny 1969)

Sistematik sınıflandırma:

Alem: Bitkiler

Bölüm:Tracheophyta

Sınıf: Magnoliopsida

Takım: Rosales

Familya: Rosaceae

Alt cins: Rubus

Cins: Rubus subg. *Chamaemorus*

Tür: *Rubus chamaemorus* L.

Genetik analizler, türün karmaşık bir melez geçmişe sahip olabileceğini göstermektedir (Ambrose Michael, 2006; Micheal, 2006). Yapılan çalışmalarda, *R. chamaemorus*'ta iki farklı gen varyantı (alel) bulunmuştur. Birinci alel, türün uzak akrabası *R. lasiococcus* ile yakın ilişkiliyken, ikinci alel türün daha yakın akrabası *R. arcticus* ile bağlantılıdır. Bu durum, türün farklı genetik kökenlerden oluştuğunu ve eski bir melezlenme geçmişine sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Micheal, 2006).

Germplazmı

Bulut meyvesi (*Rubus chamaemorus*), Kuzey Kutbu çevresinde (Arktik) sirkumpolar bir dağılım gösteren boreal bir bitkidir (Hultén, 1950; Taylor, 1971; Hultén ve Fries, 1986). Tür, Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'nın kuzey bölgelerinde geniş yayılıma sahip olmasına karşın, bazı Arktik adalarda (Spitzbergen, Grönland) sınırlı veya nadirdir; Novaya Zemlya ve bazı Arktik Amerikan adalarında (ör. King William Land, Herschell Adası) ise bulunur (Resvoll, 1928; Meusel ve ark., 1965; Taylor, 1971; Hultén ve Fries, 1986). Genel dağılım modelinde, en yoğun popülasyonlar üç kıtanın kuzey enlemlerinde bulunur ve güneye doğru azalma eğilimi gösterir (Resvoll, 1928; Meusel ve ark., 1965; Taylor, 1971; Hultén ve Fries, 1986).

Avrupa'daki yayılışı, İskandinavya (Norveç, İsveç, Finlandiya) ve kuzey Rusya üzerinden 50°K enlemine kadar uzanır (Weber, 1995). Kıtanın güneyinde ise oldukça nadir olup lokal popülasyonlar halinde görülür. Bu lokaliteler arasında Polonya'nın Baltık kıyısı, Pomeranya, Masurya Gölleri, Sudeten Dağları, Almanya'da Oldenburg (tek kayıt) ve kuzeybatı Çekoslovakya yer alır (Weber, 1995; Kruszelnicki ve Fabiszewski, 2001). Britanya Adaları'nda İskoçya'nın doğusundaki turbalık platolarda ve İngiltere'nin Pennine Dağları'nda yaygınken, İrlanda'da yalnızca Tyrone'un kuzeyinde lokal olarak bulunur (Weber, 1995).

Asya kıtasında güney sınırı, Rusya üzerinden kuzey Mançurya ve Moğolistan'a, kuzey Japonya'ya kadar uzanır (Meusel ve ark., 1965). Kuzey Amerika'da ise yayılım Alaska ve Britanya Kolumbiyası'ndan başlar ve 44°K enlemine inerek Maine ve New Hampshire bölgelerinde son bulur (Meusel ve ark., 1965). Tür, özellikle geniş turbalık alanlarda yoğunlaşır. Ancak bataklık drenajı ve turba kullanımı nedeniyle bazı bölgelerde tehdit altındadır (Kruszelnicki ve Fabiszewski, 2001).

BULUT MEYVESİNİN BİTKİSEL ÖZELLİKLERİ

Habitüsü

Bulut meyvesi 25-50 cm arasında boylanabilen, dik bir şekilde büyüyen çok yıllık otsu bir bitkidir (Hultén ve Fries, 1986). Bulut meyvesi Rubus türlerinin çoğundan farklı olarak her yıl yeraltı rizomlarından gelişen tek yıllık sürgünler üzerinde oluşmaktadır (Jennings, 1988; Bell, 1992).

Bitkinin, toprak altında bulunan uzun rizomları, 10 metreye kadar uzayabilmekte ve 10-15 cm derinlikte büyümektedir (Taylor, 1971; Rapp, 1987 Kortesharju,1988). Yaşlı bitkiler, çok sayıda sürgün ve uzun, dallı rizomlar oluşturmaktadır. Her baharda rizomların apikal tomurcuklarından yeni sürgünler gelişmektedir (Rantala, 1976; Kaurin ve ark., 1982; Rapp, 1987; Martinussen ve ark., 2004). Bu sürgünler genellikle beş beyaz taç yaprak ve beş yeşil çanak yaprak taşıyan tek bir çiçeği meydana getirmektedir. Sürgünler ince tüylü üzerlerinde salgı bezleri bulunmaktadır (Rapp ve Martinussen, 2002; Nilsen, 2005).

Yaprak yapısı incelendiğinde 5-7 lob içerdiği, çeşide bağlı olarak kalp veya böbrek şeklinde olduğu ve üzerinde derin kırışıklıklar bulunabildiği belirlenmiştir. Stomaların yaprakların sadece alt yüzeyinde yer aldığı bildirilmiştir (Taylor, 1971; Thiem, 2003).

Genç yapraklar parlak ve yeşilken, olgun yapraklar koyu yeşil renge sahiptir. Yaprakların alt yüzeyleri glandüler tüylerle kaplıdır. Yaprak boyu 1 ve

7 cm arasında değişmekte ve yine çeşide bağlı olarak bazen yarıklı (furrowed) görünüme de sahip olabilmektedir (Thiem ve Goślińska, 2004; Nilsen, 2005).



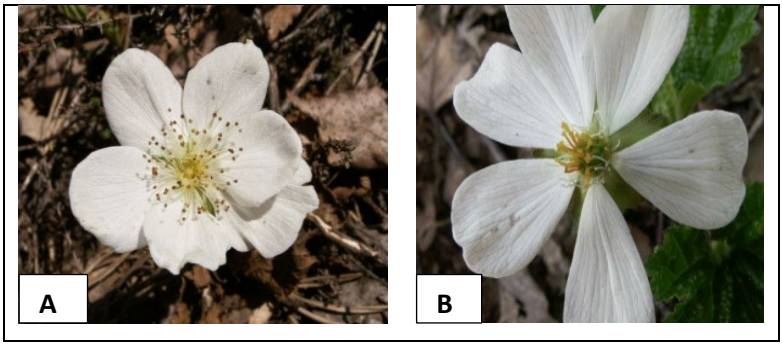
Şekil 1. Bulut meyvesi (*Rubus chamaemorus* L). bitkisinin genel görünümü Fotoğraf: Hjortron. Primordial~commonswiki, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons.

Çiçek ve Meyve Yapısı

Çiçek, erkek ve dişi çiçeklerin ayrı bitkilerde bulunduğu dioik yapıya sahiptir (Hultén ve ark., 1986; Taylor, 1971; Nilsen, 2005). Doğada hermafrodit yabani tiplerin varlığı öne sürülse de, kültivar çeşitlerde görülen hermafroditler oldukça sınırlıdır (Rapp, 1987; Gustafsson ve ark., 1996; Wendell ve Alsanius, 2005). Doğal popülasyonlarda bulunan çiçeklerin %40'ından az miktarının dişi olduğu ve bazı bölgelerde bu oranın %10'a kadar düşebildiği bilinmektedir (Rapp, 1987). Çiçekler iki evcikli ve bitkide terminal (uç) olarak yer alır (Taylor, 1971; Thiem, 2003). Erkek çiçekler daha erken açmakta ve bol miktarda nektar üretmektedir. Dişi çiçekler ise çok az nektar üretmekte ve yalnızca meyve gelişiminde rol oynamaktadır (Martinussen ve ark., 2001; Thiem, 2003). Çiçek tomurcukları çiçeklenmeden yaklaşık bir yıl önce oluşmakta ve kış boyunca tomurcuk halinde korunmaktadır. Çiçek boyutları cinsiyete bağlı olarak değişmekte, dişi çiçekler erkeklere göre daha küçüktür

ve bu fark yerel çevre koşullarından etkilenebilir (Ågren ve ark., 1986; Thiem, 2003; Wendell ve Alsanius, 2005).

Bulut meyvesinin çiçekleri mayıs sonu veya haziran başında açmaktadır. Çiçekler genellikle 5 petala sahip, 8–12 mm uzunluğunda, ters yumurta şeklinde (obovate), beyaz ve tüylüdür. Pedisel (çiçek sapı) ve kaliksin kısa saplı bezlerle kaplı olduğu belirlenmiştir (Taylor, 1971; Thiem, 2003; Nilsen, 2005).



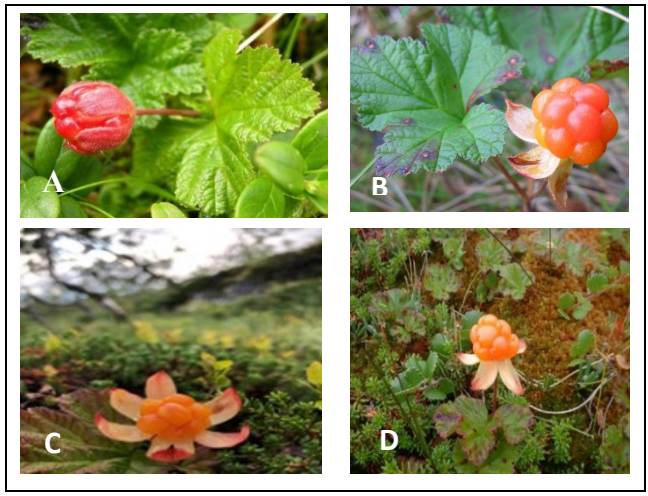
Şekil 2. Bulut meyvesi bitkisinin çiçekleri (*Rubus chamaemorus* L).
A) Erkek çiçek, B) Dişi çiçek
A) Fotoğraf: Gliwa, CC BY-SA 2.5, via Wikimedia Commons
B) Fotoğraf: Gliwa, CC BY-SA 2.5, via Wikimedia Commons

Meyve iriliği, döllenen karpel sayısına bağlı olmakla birlikte çiçek ve genç meyvelerin % 24–51'inin erken dönemde dökülmesi nedeniyle başlangıçtaki çiçek yoğunluğunun verimi her zaman yansıtmadığı belirlenmiştir (Jean ve ark., 2001; Nilsen, 2005).

Meyvenin olgunlaşması temmuz sonu veya ağustos başında gerçekleşmektedir (Taylor, 1971). Agregat meyve yapısına sahip olan bulut meyvesinin dişi çiçeklerinde birden fazla ovaryum bulunmakta, döllenme gerçekleştiğinde ise her ovaryum küçük bir meyvecik (drupelet) oluşmakta ve bu meyvecikler bir araya gelerek olgun meyveyi meydana getirmektedir (Taylor, 1971; Rapp, 1989; Nilsen, 2005). Her meyve 4–20 adet yenilebilir drupelet içermekte ve her drupeletin içinde sert bir çekirdek bulunmaktadır

(Taylor, 1971; Thiem, 2003). Gerçekleştirilen çalışmalarda, iklim koşullarına bağlı olarak polinasyon ve döllenme sırasında drupelet sayısının değişebildiği dolayısıyla bazı bölgelerde drupelet sayısının 30'a kadar çıkabildiği belirlenmiştir (Wendell ve Alsanius, 2005).

Meyveler olgunlaşmaya başladığında kırmızı renkte olup olgunlaştıkça turuncu veya kehribar tonlarına dönüşmekte ve meyve dokusu daha yumuşak bir yapı kazanmaktadır. C vitamini içeriği yüksek olan meyvelerin, olgunlaşmayla birlikte besin değerinin de arttığı ileri sürülmektedir (Thiem, 2003; Nilsen, 2005).



Şekil 3. Bulut meyveleri (*Rubus chamaemorus* L).
A. Fotoğraf: Rønning, A., CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons
B. Fotoğraf: Holopainen, V., 2004, Public Domain, via Wikimedia Commons
C. Fotoğraf: Moravice, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons
D. Fotoğraf: Hjortron, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Common



Şekil 4. Bulut meyvelerinin tohumları
Fotoğraf: Steve Hurst, USDA-NRCS PLANTS Database (Public Domain). Wikimedia Commons.

BULUT MEYVESİNİN EKOLOJİK İSTEKLERİ

İklim İsteği

Bulut meyvesi soğuk iklim koşullarına oldukça iyi uyum sağlayan bir bitki olmakla birlikte genellikle subarktik ve boreal bölgelerde doğal olarak yayılış göstermektedir (Makinen ve Oikarinen 1974; Hultén ve Fries, 1986).

Bu tür, yazları serin, kışları uzun ve soğuk geçen bölgelere kolayca adapte olabilektedir. Büyüme döneminde ortalama 10-15°C civarında sıcaklığa ihtiyaç duyarken, bitkinin kışın -40°C gibi çok düşük sıcaklıklara bile dayanıklı olduğu bildirilmiştir. Nem oranı yüksek bölgelere kolayca adapte olmaktadır. Yıllık yağış miktarının genellikle 600 mm'nin üzerinde olduğu bölgelerde bitkinin daha sağlıklı büyüdüğü belirlenmiştir (Thiem, 2003; Rapp, 2004; Nilsen, 2005). Bulut meyvesi soğuk iklim koşullarına oldukça iyi uyum sağlayan bir bitki olmakla birlikte genellikle subarktik ve boreal bölgelerde doğal olarak yayılış göstermektedir (Makinen ve Oikarinen 1974; Hultén ve Fries, 1986).

Bitkinin çiçeklerinin ani iklim değişikliklerinden ciddi şekilde etkilendiği bilinmektedir. Sıcaklıkların ani artışı ve düşmesi, topraktaki nemin azalması, bulut meyvesinin gelişimini de oldukça etkilemektedir (Kortesharju, 1995; Kaurin ve ark., 1981; Nilsen, 2005). Bitkinin özellikle çiçeklenme ve

meyve verme dönemlerinde istikrarlı sıcak hava koşullarına ihtiyaç duyduğu bilinmektedir (Kortesharju, 1993; Yudina, 1993). Meyve oluşumunun abiyotik ve biyotik streslere oldukça duyarlı olduğu, özellikle ilkbahar geç ve don olaylarının, çiçeklerde ve genç meyvelerde ciddi zararlara neden olarak verimde belirgin düşüşlere yol açtığı bildirilmiştir (Jaakkola ve Oikarinen 1972; Dumas ve Maillette, 1987; Kortesharju 1988; Rapp ve ark., 1993; Yudina 1993; Wallenius,1999). Meyveler olgunlaşmaya yakın −3 ile −4°C'ye dayanabilmektedir. Soğuğa dayanımın, sıcaklık ve bitkideki şeker miktarına bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir (Kaurin ve ark., 1981, 1982; Kortesharju, 1995).

Yapılan bilimsel çalışmalar, bulut meyvesinin metabolit içeriğinin de yetiştiği ekolojik koşullara ve yetiştiği bölgeye bağlı olarak değişebildiğini ortaya koymaktadır. Özellikle güneşli bölgelerde sitrik asit miktarının arttığı, α-tokoferol miktarının ise azaldığı belirlenmiştir. Yaz mevsiminin serin ve yağışlı geçtiği bölgelerde antosiyanin miktarı ile doymamış yağ asiti miktarı yükselirken, sıcak ve kurak yaz koşullarında ise verimin arttığı gözlemlenmiştir (Thiem, 2003; Jaakkola ve ark., 2012). Dolayısıyla bitkilerinin ormanlık gölge alanlarda yetişen bitkilerin güneşli alanlara kıyasla daha fazla meyve verimine sahip olduğu bilinmektedir (Yudina, 1993).

Toprak İsteği

Kuzey iklimlerinin görüldüğü dağlık ve tundra bölgelerde doğal olarak yetişebilen bulut meyvesinin doğal yaşam alanı asidik, besin açısından fakir fakat organik madde bakımından zengin turbalık bataklıklardır (Larsson, 1968; Taylor, 1971). Dolayısıyla pH 4-5 arasında değişen asidik yapıya sahip turbalıklar, bataklıklar ve dağlık tundralar, bu türlerin sıkça rastlandığı alanlardır (Taylor, 1971; Āboliņa ve Osvalde, 2023). Araştırmalar, bulut meyvesinin, düşük kalsiyum içeriği (<30 mg Ca/100 g) ve kuvvetli asitliği (pH<4,5) olan topraklarda daha iyi geliştiğini, buna karşılık yüksek kalsiyum düzeyine (>300 mg Ca/100 g) ve pH 6'nın üzerine çıktığı topraklarda doğal

olarak bulunmadığı bildirilmektedir (McVean ve Ratcliffe, 1962). Düşük pH ve nemin sürekli olması, bulut meyvesinin sağlıklı gelişimi için kritik öneme sahiptir. Bu bölgelerde bulunan ve yüksek su tutma kapasitesine sahip olan sfagnum yosunları (*Sphagnum* spp.) toprağın nemini koruyarak bulut meyvesinin gereksinim duyduğu sürekli nemli ortamı sağlayabilmektedir (Bussières ve ark., 2015; Āboliņa ve ark., 2023). Dolayısıyla bulut meyvesi ile sfagnum yosunları arasında simbiyotik bir ilişki bulunduğu bilinmektedir. Türün bu özel çevresel koşullara yüksek düzeyde uyum sağladığı ve bu habitatlarda optimal şekilde gelişebildiği öne sürülmüştür (Thiem, 2003; Rapp, 2004; Bussières ve ark., 2015; Āboliņa ve ark., 2023). Ancak yapılan çalışmalar, ıslah edilen hermafrodit çeşitler sayesinde yaşam alanları taklit edilerek ve kültivar çeşitlerin arttırılmasıyla yetiştiriciliğinin geliştirilebileceği öne sürülmektedir (Bellemare, 2009).

BULUT MEYVESİNİN ÇOĞALTIM YÖNTEMLERİ

Bulut meyvesi generatif ve vegetatif yöntemlerle çoğaltılabilir. Fakat tohumla çoğaltımın uzun yıllar aldığı ve verimsiz olduğu bilinmektedir. Tohumların çimlenme oranı %0 ile %31 arasında değişebilmektedir (Thiem, 2003).

Bulut meyvelerindeki bulunan drupeletlerin sahip olduğu kalın endokarp tohumların çimlenmesini engellemektedir. Dolayısıyla sert endokarp kırılmadan veya çıkarılmadan tohumlar çimlenememektedir. Bu nedenle tohumların çimlenmesi için asit skarifikasyonu (tohum kabuğunun açılması) ve stratifikasyon (6-8 ay soğuk katlama) yapılması gereklidir (Warr ve ark., 1979; Thiem, 2003). Bu işlemler sodyum hipoklorit, sıvı azot ya da sülfürik asit kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Rantala, 1976; Mian ve ark., 1995; Peacock ve Hummer, 1996; Thiem, 2003). Ayrıca, gibberellik asit uygulamasının tohumun çimlenme oranını artırabildiği bilinmektedir (Warr ve ark., 1979; Thiem, 2003). Her ne kadar bazı durumlarda fidelerin dört yıl

içerisinde çiçekli sürgün oluşturabileceği belirtilse de genellikle bu sürecin ortalama olarak yedi yıl kadar sürdüğü görüşü yaygındır (Østgård, 1964; Rantala, 1976; Thiem, 2003). Generatif çoğaltım yöntemleriyle çoğaltımın uzun zaman alması, başarı oranının oldukça düşük olması ve genetik varyasyonların oluşmasından dolayı vejetatif çoğaltım yöntemleri bulut meyvesinin çoğaltımında öne çıkmaktadır. Bulut meyvesinin çoğaltımında en çok kullanılan vejetatif çoğaltım şeklinin rizomla yapılan çoğaltım şekli olduğu bildirilmektedir (Dumas ve Maillette, 1987; Rapp, 1987; Rapp ve ark., 2000; Martinussen ve ark., 2004). Ayrıca toplam kütlenin yaklaşık %94'ünün rizomlarda yoğunlaşması da bitkinin ağırlıklı olarak vejetatif çoğalmaya eğilimli olduğunu göstermektedir (Dumas ve Maillette, 1987; Rapp ve ark., 1993). Rizomlar toprak altında gelişerek yeni bireylerin oluşmasını ve bitkinin geniş alanlara yayılmasını sağlamaktadır. Rizom üzerindeki tomurcukların sürgünlere dönüşmesiyle bu yapılar toprak yüzeyine çıkarak vejetatif çoğalmayı sürdürmektedir. Dolayısıyla aynı genetik yapıyı taşıyan çok sayıda birey oluşmakta ve bitki zamanla tek bir klon topluluğu halinde geniş alanları kaplayabilmektedir (Dumas ve Maillette, 1987). Yapılan çalışmalar 15-20 cm uzunluğundaki rizomların, Mayıs veya Ağustos aylarında alınmasının hem köklenme başarısını hem de bitki gelişimini anlamlı ölçüde artırdığını ortaya koymuştur (Rapp, 1987; Rapp ve ark.,1993). Günümüzde bulut meyvesi çoğaltımında en yaygın olarak kullanılan rizomla çoğaltım yöntemiyle oluşturulan bitkiler birkaç vejetasyon dönemi sonrasında çiçeklenmeye başlar (Rapp, 1987; Rapp ve ark., 2000). Ancak bu çoğaltma yöntemi için yüksek iş gücüne ihtiyaç duyulduğundan maliyet yüksek olmakta ve sürekli rizom tedarik edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, çoğaltmada kullanılacak rizomların birkaç sezon boyunca arazi veya sera koşullarında yetiştirilen sağlıklı bitkilerden temin edilmesi gerekmektedir. Buna karşın, *in vitro* çoğaltım teknikleri, bulut meyvesi için tek bir ana bitkiden kısa sürede çok sayıda genetik olarak benzer klonal bitki üretimi ve genetik çeşitliliğin korunması gibi avantajlara sahiptir

(Thiem, 2001, Makarov ve ark, 2021a, Makarov ve ark., 2021b). Laboratuvar koşullarında geliştirilen bu bitkiler, olgunlaşma sürecini tamamladıktan sonra genellikle iki ile üç vejetasyon dönemi içerisinde çiçeklenme aşamasına ulaşabilmektedir (Martinussen ve ark., 2004; Makarov ve ark., 2024).

BULUT MEYVESİ ÇEŞİTLERİ

Bulut meyvesi büyük ölçüde doğal populasyonlardan toplanmakla birlikte, yetiştiriciliğe olan talebin artması sonucunda ticari üretim yöntemleri üzerine çalışmalar yapılmıştır (Rapp, 1987, 1989, 1991). Bulut meyvesinin tarımsal üretim potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik çalışmalar, 20. yüzyılın ortalarından itibaren İskandinavya ve İskoçya'da başlamıştır. Norveç Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün ıslah çalışmaları üzerine gerçekleştiridiği çalışmalar günümüzde devam etmektedir. Bulut meyvesinin (*Rubus chamaemorus*) oldukça karmaşık bir genetiğe sahip olduğu bilinmekle birlikte doğal popülasyonlardan seçilen üstün bireyler üzerinde yapılan ıslah çalışmaları sonucunda, Norveç Tarımsal ve Çevresel Araştırmalar Enstitüsü (Bioforsk) tarafından yürütülen klon değerlendirmeleriyle iki dişi (Fjellgull ve Fjordgull) ve iki erkek (Apollon ve Apolto) olmak üzere toplam dört kültivar geliştirilerek tescil edilmiştir (Rapp,1991). Söz konusu değerlendirmeler kontrollü koşullar altında gerçekleştirilmiş olup, seçim kriterleri arasında dişi klonlarda pistil sayısı, karpel sayısı, meyve büyüklüğü, yoğun çiçeklenme ve sürgün oluşturma kapasitesi; erkek klonların seçiminde ise stamen (erkek organ) sayısı, çiçek sayısı ve birim alandaki sürgün yoğunluğu yer almıştır (Rapp,1991; Rapp ve Martinussen, 2002). Bu çeşitler, özellikle meyve verimi, olgunlaşma süresi ve çevresel adaptasyon kabiliyetleri açısından ticari üretim için umut vadetmektedir. Verimi etkileyen başlıca faktörler arasında iklim koşulları yer almaktadır. Bununla birlikte dişi çiçek oranı, tozlayıcı böceklerin popülasyonu ve meyve gelişimi iklim koşullarından oldukça etkilenmektedir (Rapp, 1991, Uleberg ve ark., 2011).

Tablo 2. Ticari Bulut Meyvesi Çeşitleri

Çeşit	Cinsiyet	Çiçek Zamanı	Meyve	Verim	Tozlayıcı
Fjellgull	Dişi	Orta	1–2 g; Yüksek C vitamini aromalı	Yüksek	Apollon, Apolto
Fjordgull	Dişi	Orta-Geç	Fjellgull'e göre ~1 g daha ağır	Çok yüksek (≈5×)	Apollon, Apolto
Apollon	Erkek	–	Meyve oluşturmaz	Yüksek çiçeklenme	–
Apolto	Erkek	–	Meyve oluşturmaz	Yüksek çiçeklenme	–
Nyby	Hermafrodit	–	Erkek ve dişi organlara sahip	Orta	Kendi kendine

Kaynak: Uleberg ve ark., 2011

Fjellgull: Dişi bir çeşittir. Yoğun dallı olmasına rağmen rizomları kısadır. Bir rizomdan yirmiden fazla çiçekli sürgün gelişebileceği ileri sürülmektedir (Nilsen, 2005). Bitki boyunun yere yakın fakat yayılımının oldukça güçlü olduğu gözlemlenmiştir (Rapp ve Martinussen, 2002; Martinussen ve ark., 2010; Jaakkola ve ark., 2012)..

Fjordgull: Dişi bir çeşittir. Fjordgull daha uzun fakat daha az yan dal oluşturan bir rizom yapısına sahiptir (Nilsen, 2005). Dolayısıyla güçlü gelişim gösterir. Fjellgull**'e** göre daha geç oluşum gösterdiğinden ilkbahar geç

donlarına karşı daha çok tercih edilebilir (Rapp ve Martinussen, 2002; Martinussen ve ark., 2010; Jaakkola ve ark., 2012).

Apollon: Erkek (döllendirici) bir çeşittir. Fjellgull ve Fjordgull formlarının arasında orta düzeyde dallanma göstermektedir (Nilsen, 2005). Orta boylu olmasına rağmen yüksek yayılımlı çeşittir. Bol polen ürettiği belirlenmiştir (Rapp ve Martinussen, 2002; Martinussen ve ark., 2010; Jaakkola ve ark., 2012).

Apolto: Erkek (döllendirici) bir çeşittir. Etkili polinasyon, genellikle yüksek çiçek sayısına sahiptir (Rapp ve Martinussen, 2002; Martinussen ve ark., 2010 Jaakkola ve ark., 2012).

Nyby: Finlandiya kökenli bu çeşit, hermafrodit (monoik) bir yapıya sahip olup aynı bitki üzerinde hem erkek hem de dişi çiçeklerin bulunması sayesinde üreme etkinliğini artıran bir özellik göstermektedir (Uosukainen, 2010; Martinussen ve ark., 2010). Norveç'te yürütülen ıslah programları kapsamında hermofrodit karakterli ticari çeşitlerin geliştirilmesi, bulut meyvesi yetiştiriciliğinde önemli bir ilerleme sağlamış; bu çalışmalar içinde özellikle 'Nyby' çeşidi yüksek ve yıllar istikrarlı verim potansiyeliyle öne çıkmıştır (Pormale ve Osvalde, 2015).

Bu kültivarlar, özellikle Kuzey Avrupa'da araştırma projeleri kapsamında geliştirilmiş ve yerel üreticilere sunulmuştur. Ancak, genel olarak bulut meyvesinin kültivasyonunun henüz sınırlı olduğu bilinmektedir.

BULUT MEYVESİ YETİŞTİRİCİLİĞİ

Bulut meyvesi, kuzey yarımkürenin bataklık ve tundra alanlarında doğal olarak yetişen, çok yıllık ve iki evcikli bir bitkidir (Hulten ve Fries, 1986). Düşük sıcaklığa, yüksek neme ve organik maddesi yüksek asidik topraklara uyum sağlamıştır (Rapp, 1987).

Bulut meyvesi (*Rubus chamaemorus*) geleneksel olarak doğadan toplanan bir tür olmakla birlikte, ilkbahar geç donlarının neden olduğu meyve

kayıplarını azaltmak**,** tozlaşma yetersizliklerini kontrol altına almak ve sezon dışı üretim olanağı sağlamak amacıyla son yıllarda kültüre alınmasına yönelik çalışmalar belirgin biçimde artmıştır (Kaurin ve ark., 1981; Kortesharju, 1995; Yudina, 1993; Pelletier ve ark., 2001). Doğal populasyonlarının sınırlı ve izole yapıda olması nedeniyle, bahçe ya da sera kurulumunda bu habitatın özelliklerinin olabildiğince taklit edilmesi ve üstün nitelikli klonların bu koşullara göre seçilmesi gerekmektedir (Kaurin ve ark., 1981; Kortesharju, 1995; Yudina, 1993;. Rapp ve Martinussen, 2002). Bu bulgular, geliştirilen kültivarların sera, bahçe ve arazi koşullarında etkin şekilde kurulması ile sürdürülebilir üretim sistemlerinin oluşturulması açısından kritik öneme sahiptir (Pelletier ve ark., 2001).

Türün yetişme ortamına yönelik gereksinimlerinin oldukça özel olması, bulut meyvesinin halen büyük ölçüde yabani bir tür olarak değerlendirilmesine neden olmaktadır (Nilsen, 2005). İklim, toprak ve habitat toleransının dar bir aralıkta olması, geniş ölçekli ticari plantasyonların kurulmasını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle üretim genellikle deneme bahçeleri ve araştırma seraları gibi küçük ve kontrollü alanlarda yürütülmektedir. Ayrıca iki evcikli yapı ve böceklere bağımlı polinasyon, ticari üretim maliyetlerini artıran önemli faktörlerdir (Rapp ve Martinussen, 2002).

Yetiştiricilikte dişi ve erkek bireylerin doğru oranda dağıtılması, döllenme ve meyve tutumu açısından temel bir gerekliliktir. Genellikle her 5–7 dişi bitkiye bir erkek bitki dikilmesi önerilir. Çiçeklenme dönemlerinin erkek ve dişi bireyler arasında örtüşmesi, tozlaşma başarısını artırmaktadır (Sandved, 1958; Nilsen, 2005). Tozlaşma böcekler aracılığıyla gerçekleşmektedir (Sandved, 1958; Nilsen, 2005; Pelletier, 2001). Başlıca tozlayıcılar ise yaban arıları ve küçük sineklerdir (Sandved, 1958). Olumsuz hava koşullarında bile yaban arılarının polinasyonu sürdürebilmesi bu tür için en önemli tozlayıcı olmalarını sağlamıştır (Sandved, 1958; Nilsen, 2005). Kontrollü üretim

şartlarında ise bombus türleri veya yaban arıları kullanılabilmektedir (Rapp ve Martinussen, 2002).

Uygulamalı çalışmalarda, bulut meyvesi bitkileri beş yıl boyunca plastik çerçeveli torf yataklarında yetiştirilmiş ve sera koşulları doğal bataklık ortamını taklit edecek şekilde düzenlenmiştir. Bu denemeler, genç bitkilerin büyüme, çiçeklenme ve meyve verimi üzerine önemli bilgiler sağlamıştır (Rapp ve Martinussen, 2002)

Ticari üretimde klon seçimi, dişi ve erkek bireylerde farklı kriterlere dayanmaktadır. Yapılan çalışmalarda dişi bitkilerde meyve büyüklüğü, birim alandaki çiçek sayısı ve büyüme hızı(1. ve 2.yıl), erkek bitkilerde ise çiçek büyüklüğü, çiçek sayısı ve büyüme hızı(1. ve 2.yıl) temel seleksiyon ölçütleri olarak belirlenmiştir (Rapp ve Martinussen, 2002). Bu özellikler, genetik varyasyon ve ekonomik değer birlikte değerlendirilerek seleksiyon indeksi oluşturulmasında kullanılmaktadır (Rapp ve Martinussen 2002; Nilsen, 2005).

Gübreleme ve Sulama

Türün doğal habitatı olan, yalnızca yağmur suyuyla beslenendiği için besince fakir, asidik bataklık ekosistemler olarak tanımlanan ombrotrofik alanlarda, mineral yetersizliği ve özellikle belirgin fosfor eksikliği meyve verimini sınırlayan temel faktörlerdendir. Gerçekleştirilen çalışmalarda, süperfosfat veya dengeli uygulanacak gübreleme ile meyve veriminin arttırabildiği bildirilmiştir (Rapp 1989; Rapp ve ark., 1993; Wendell ve Alsanius, 2008).

Mineral ve vitamin bakımından yetersiz topraklarda bulut meyvesinin başlangıç gelişimini desteklemek amacıyla dengeli N-P-K formülasyonlarının (örn. 5-10-5, 10-10-10) düşük düzeylerde uygulanması önerilmektedir. Dikim öncesinde bu gübrelerin kök bölgesine yakın toprağa homojen biçimde karıştırılması, erken dönem kök gelişimini teşvik ederek bitkinin başlangıç performansını iyileştirmektedir (Rapp, 1989; Wendell ve Alsanius, 2008).

Bulut meyvesinin vejetatif gelişiminin merkezinde, yayılmayı ve karbon depolanmasını sağlayan toprak altı rizomları bulunmaktadır (Van Heerwaarden, 2003; Gauci, 2009; Gauci ve ark., 2010). Bu nedenle gübre uygulamalarının 20–40 cm derinliğe yapılması, rizom bölgesine doğrudan besin ulaştırarak bitki gelişimini anlamlı düzeyde artırmakta ve güncel yetiştiricilik uygulamalarında önerilen standart haline gelmektedir (Rapp ve Steenberg, 1977; Rapp, 2004; Nilsen, 2005).

Bulut meyvesinin beslenme fizyolojisi, özellikle uygulanan azotun kimyasal formuna oldukça duyarlıdır (Wendell ve Alsanius, 2008; Gauci, 2009). Üre ve amonyum kaynaklarının kullanılması, besin çözeltisinin pH dengesinin korunmasına katkı sağlayarak kök gelişimini desteklemektedir. Ayrıca fosfor–potasyum oranının dikkatle düzenlenmesi, aşırı gübrelemeden kaçınılması ve sulama rejimiyle kök bölgesinde yeterli oksijen düzeyinin sürdürülmesi hem kontrollü ortam koşullarında hem de açık arazi yetiştiriciliğinde optimum bitki büyümesi ve yüksek meyve verimi için kritik öneme sahiptir (Rapp ve Martinussen 2002; Wendell ve Alsanius, 2008).

Budama

Bulut meyvesinde yıllık büyüme tamamen rizom üzerinde bulunan uyur tomurcuklardan gelişen tek yıllık toprak üstü sürgünler aracılığıyla gerçekleşmektedir (Kaurin ve ark., 1982; Thiem, 2003; Rapp, 2004). Budama, bu bitkide diğer çalımsı Rubus türlerinde olduğu gibi yeni sürgün oluşumunu veya meyve verimini teşvik etmemektedir. Toprak üstü sürgünlerin kesilmesi, yalnızca o yılın generatif yapılarının kaybına yol açtığından verim artırma yöntemi olarak önerilmemektedir (Bellemare ve ark., 2009; Gauci ve ark., 2010).

Bulut meyvesinde budama, ilkbaharın başında yaşlı veya hastalıklı dalların çıkarılması ve yoğun sürgünlerin seyreltilmesi yoluyla gerçekleştirilir. Budamanın amacı, bitki içinde hava akımını artırarak yeni sürgün ve meyve

oluşumunu desteklemek, aynı zamanda bitkinin sağlığını koruyup hastalık riskini azaltmaktır (Bellemare ve ark., 2009).

Hastalık ve Zararlılar

Bazı fungal patojenler ve zararlılar, bitkilerin genel sağlığı ile meyve kalitesi üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir (Thiem, 2003). Özellikle Botrytis cinerea ve Penicillium thomii gibi mantar türleri, meyvelerde doku bozulmasına ve çürüme belirtilerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. (Taylor 1971; Thiem, 2003). Bunun yanı sıra Cibora latioes ve Sclerotina tetraspora gibi mantar türleri de bitkiye zarar verebilmektedir (Holstjensen ve Schumacher 1994; Thiem, 2003).

Bulut meyvesinin yapraklarıyla beslenen larvalar ve parazitik özellik gösteren zararlılar, bitkide fizyolojik ve morfolojik hasarlara yol açarak gelişim sürecini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Weber, 1995). Bu tür zararlar, fotosentetik aktivitenin azalmasına, bitkinin genel direncinin düşmesine ve sonuç olarak ürün veriminin önemli ölçüde azalmasına neden olmaktadır (Weber 1995; Thiem, 2003). Zararlı popülasyonlarının artışı, bitkinin hem vegetatif hem de generatif organlarında stres oluşturmakta, bu da meyve kalitesi ve miktarında kayıplara yol açabilmektedir. Bu tür enfeksiyonlar, ürünün hem görsel kalitesini hem de ekonomik değerini önemli ölçüde düşürmekte; hasat sonrası dönemde ise kayıpların artmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, söz konusu zararlılara karşı etkili bir izleme ve kontrol stratejisinin uygulanması, bitki üretiminin sürdürülebilirliği açısından oldukça önem arz etmektedir (Weber 1995; Bellemare ve ark., 2009).

Hasat

Hasat dönemi genellikle temmuzun son haftası ile ağustosun ilk haftası arasında başlamaktadır (Taylor, 1971; Rapp 2004; Nilsen, 2005;Karst 2005). Yetiştiği bazı bölgelerin kuzey kesimlerinde ise hasadın eylüle kadar

sürebildiği bildirilmiştir (Karst, 2005).Hasat sürecindeki başlıca kısıtlayıcı etmen, yetiştiği turbalık alanlardaki yaz aylarında yoğunlaşan küçük sinek popülasyonlarıdır (Karst, 2005). Bu sineklerin hasat sırasında çalışanları rahatsız etmesi nedeniyle işlem güçleşmekte, bu yüzden sinek aktivitesinin daha düşük olduğu rüzgarlı günlerde hasadın gerçekleştirilmesi tercih edilmektedir (Karst, 2005; Karst, 2008).

Hasatta genellikle tam olgunlaşmış ve yumuşamış bulut meyveleri tercih edilse de, uygulamada kullanım amacına bağlı olarak sert ya da yarı olgun, iri meyvelerin de sıkça toplandığı bildirilmektedir. Sert meyveler, reçel üretiminde istenen kıvamı sağlamaları ve bazı tatlılarda daha yoğun bir kırmızı renk vermeleri nedeniyle özellikle tercih edilmektedir. Ayrıca yalnızca yumuşak meyvelerin kullanıldığı durumlarda iç dolgunun aşırı sulanmasını engellemek için karışımlara daha sert meyvelerin eklendiği bildirilmiştir (Karst, 2005).

Geleneksel olarak hasadı elle yapılan meyvelerin hafifçe yumuşamaya başladığı dönemde sapından nazikçe bükülerek toplanması önerilmektedir. Bu hasat uygulaması, meyve bütünlüğünün korunmasına olanak tanırken, sonraki yıllarda verimde oluşabilecek kayıpların da azalmasını sağlamaktadır. Olgunlaşmamış meyvelerin hasadında kabuğun genellikle başparmakla dikkatlice sıyrılması gerekmektedir (Karst, 2005). Ayrıca hasat sırasında meyvelerin ezilmemesine özen gösterilmesi ve lekeli ya da renginde bozukluk olan meyvelerin toplanmaması gerektiği vurgulanmaktadır (Karst, 2005; Karst, 2008).

SONUÇ

Bulut meyvesinin kültüre alınabilmesi, türün ekolojik taleplerine özgü koşulların başarıyla sağlanmasına bağlıdır. Bu nedenle üretim, ya doğal populasyonların kontrollü biçimde gübrelenerek verimlerinin artırılmasıyla ya da uygun çevresel parametrelerin sağlandığı yapay yetiştiricilik sistemleriyle

yürütülebilmektedir. Ayrıca türün dioik yapısı, üretimde erkek-dişi birey oranının dikkatle planlanmasını zorunlu kılmakta ve yetiştiricilik açısından önemli bir sınırlılık oluşturmaktadır. Bu nedenle Nyby gibi yüksek performanslı hermafrodit çeşitlere alternatif, yeni ve üstün çeşitlerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Āboliņa, L., Osvalde, A., Karlsons, A. (2023). Habitat characteristics and mineral nutrition status of *Rubus chamaemorus* L. in Latvia. *Plants*, *12*(3), 528.

Ågren, J. (1989). Seed size and number in *Rubus chamaemorus*: between-habitat variation, and effects of defoliation and supplemental pollination. *The Journal of Ecology*, 1080-1092.

Alm, T. (1995). Multer i folketradisjonen-navn og bruk. *Ottar*, *206*(3), 7-12.

Anttonen, M. J., Karjalainen, R. O. (2005). Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry. *Journal of Food Composition and Analysis*, *18*(8), 759-769.

Battino, M., Beekwilder, J., Denoyes-Rothan, B., Laimer, M., McDougall, G. J., Mezzetti, B. (2009). Bioactive compounds in berries relevant to human health. *Nutrition reviews*, *67*(suppl_1), S145-S150.

Bell, N. N. C. (1992). Assessment of winter injury to berry crops in Oregon.

Bellemare, M., Rochefort, L., Lapointe, L. (2009). Rhizome sectioning and fertilization increase the productivity of cloudberry in natural peatlands. *Canadian Journal of Plant Science*, *89*(3), 521-526.

Bussières, J., Rochefort, L., Lapointe, L. (2015). Cloudberry cultivation in cutover peatland: improved growth on less decomposed peat. *Canadian Journal of Plant Science*, *95*(3), 479-489.

Chwil, M., Kostryco, M. (2018). Bioactive compounds and antioxidant activity of *Rubus idaeus* L. leaves. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, *17*(2), 135-147.

Connor, A. M., Luby, J. J., Tong, C. B., Finn, C. E., Hancock, J. F. (2002). Genotypic and environmental variation in antioxidant activity, total phenolic content, and anthocyanin content among blueberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *127*(1), 89-97.

Dauchet, L., Amouyel, P., Dallongeville, J. (2009). Fruits, vegetables and coronary heart disease. *Nature Reviews Cardiology*, *6*(9), 599-608.

Dobson, P., Graham, J., Stewart, D., Brennan, R., Hackett, C. A., McDougall, G. J. (2012). Over-seasons analysis of quantitative trait loci affecting phenolic

content and antioxidant capacity in raspberry. *Journal of agricultural and food chemistry*, *60*(21), 5360-5366.

Dumas, P., Maillette, L. (1987). Sex ratio, reproductive effort and success in *Rubus chamaemorus*, a dioecious herbaceous plant of subarctic distribution.). *Can. j. bot./j. bot. can.*, *65*(12), 2628-2639.

Faleva, A. V., Ul'yanovskii, N. V., Onuchina, A. A., Falev, D. I., Kosyakov, D. S. (2023). Comprehensive characterization of secondary metabolites in fruits and leaves of cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.). *Metabolites*, *13*(5), 598.

Finn, C. E. (2008). Rubus spp., blackberry. *The encyclopedia of fruits and nuts*, 348-351.

Focke, W. O. (1914). *Species Ruborum: monographiae generis Rubi prodromus* (No. 72). E. Schweizerbart.

Gauci, R. (2008). Étude de certains facteurs influençant la production de fruits et de ramets floraux chez la chicouté (*Rubus chamaemorus*).

Gauci, R., Otrysko, B., Catford, J. G., Lapointe, L. (2009). Carbon allocation during fruiting in *Rubus chamaemorus*. *Annals of Botany*, *104*(4), 703-713.

Gavrilova, A. (2022). *Our field's berry: Where is cloudberry planned to be supplied instead of Europe? Arguments and Facts in Murmansk (AiF in Murmansk).*https://murmansk.aif.ru/society/nashego_polya_yagoda_kuda_vmesto_evropy_sobirayutsya_postavlyat_moroshku.

Gliwa, B. (t.y.). *Rubus chamaemorus* [Fotoğraf A]. CC BY-SA 2.5. Via Wikimedia Commons. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8f/Rubus_cha_male.jpg (Erişim tarihi: 16 Aralık 2025).

Gliwa, B. (t.y.). *Rubus chamaemorus* [Fotoğraf B] [Fotoğraf]. Via Wikimedia Commons. CC BY-SA 2.5. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rubus_cha_female.jpg. (Erişim tarihi: 16 Aralık 2025).

Gustafsson, M. and A. J. Kortesharju. (1996). Occurrence of hermaphroditism in a dioecious plant, *Rubus chamaemorus*, in northern Finland. *Aquilo Ser Botanica*, 36: 53-60.

Häkkinen, S., Heinonen, M., Kärenlampi, S., Mykkänen, H., Ruuskanen, J., Törrönen, R. (1999). Screening of selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries. *Food Research International*, *32*(5), 345-353.

Harju, K., Ronkainen, P. (1984). Metals in finnish liqueurs. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, *178*(5), 393-396.

Heinonen, M. (2007). Antioxidant activity and antimicrobial effect of berry phenolics–a Finnish perspective. *Molecular nutrition & food research*, *51*(6), 684-691.

Hendrickson, (1981). The berry book. Doubleday, New York, NY.

Holopainen, V. (2004). *Rubus chamaemorus close-up* [Fotoğraf]. Via Wikimedia Commons. Public Domain. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rubus_chamaemorus_close-up.JPG, (Erişim tarihi: 16 Aralık 2025).

Holst-Jensen, A., Schumacher, T. (1994). Sclerotiniaceous species on *Rubus chamaemorus*: morphoanatomical and RFLP studies. *Mycological Research*, *98*(8), 923-930.

Holst-Jensen, A., Schumacher, T. (1994). Sclerotiniaceous species on Rubus chamaemorus: morphoanatomical and RFLP studies. Mycological Research, 98(8), 923-930.

Hulten E., Fries M. 1986. Atlas of North European Vascular Plants II. *Koeltz Scientific Books* p. 525.

Hultén, E. (1950). Atlas of the distribution of vascular plants in NW. Europe. *Generalstabens litografiska anstalt*.

Hummer, K. E. (2010). Rubus pharmacology: antiquity to the present. *HortScience*, *45*(11), 1587-1591.

Hummer, K. E., Janick, J. (2006). Rubus iconography: antiquity to the Renaissance. In *XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: Global Horticulture: Diversity and Harmony, an Introduction to IHC2006 759* (pp. 89-106).

Hurst, S. (t.y.). *Rubus chamaemorus L.* [Fotoğraf]. USDA-NRCS PLANTS Database. Public Domain. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rubus_chamaemorus_L.__cloudberry_01.jpg (Erişim tarihi: 16 Aralık 2025)

Hykkerud, A. L., Uleberg, E., Hansen, E., Vervoort, M., Mølmann, J., Martinussen, I. (2018). Seasonal and yearly variation of total polyphenols, total anthocyanins and ellagic acid in different clones of cloudberries (*Rubus chamaemorus* L.).

Jaakkola, M., Oikarinen, H. (1972). Hallan vaikutus hillaan. *Lapin tutkimusseuran vuosikirja*, *13*, 24-28.

Jaakkola, M., Korpelainen, V., Hoppula, K., Virtanen, V. (2012). Chemical composition of ripe fruits of *Rubus chamaemorus* L. grown in different habitats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *92*(6), 1324-1330.

Jennings, D. L. (1988). *Raspberries and blackberries: their breeding, diseases and growth* (pp. x+-230).

Johansson, A. K., Kuusisto, P. H., Laakso, P. H., Derome, K. K., Sepponen, P. J., Katajisto, J. K., Kallio, H. P. (1997). Geographical variations in seed oils from *Rubus chamaemorus* and *Empetrum nigrum. Phytochemistry*, *44*(8), 1421-1427.

Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., Heinonen, M. (2001). Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, *49*(8), 4076-4082.

Kähkönen, M., Kylli, P., Ollilainen, V., Salminen, J. P., Heinonen, M. (2012). Antioxidant activity of isolated ellagitannins from red raspberries and cloudberries. *Journal of agricultural and food chemistry*, *60*(5), 1167-1174.

Karst, A. (2005). The ethnoecology and reproductive ecology of bakeapple (*Rubus chamaemorus* L., Rosaceae) in southern Labrador.

Karst, A. L., Antos, J. A., Allen, G. A. (2008). Sex ratio, flowering and fruit set in dioecious *Rubus chamaemorus* (Rosaceae) in Labrador. *Botany*, *86*(2), 204-212.

Kassim, A., Poette, J., Paterson, A., Zait, D., McCallum, S., Woodhead, M., Smith K., Hackett C., Graham, J. (2009). Environmental and seasonal influences on red raspberry anthocyanin antioxidant contents and identification of quantitative traits loci (QTL). *Molecular Nutrition & Food Research*, *53*(5), 625-634.

Koivistoinen, P., Ahlström, A., Varo, P., Nissinen, H. (1974). Mineral element composition of Finnish vegetables, fruits, and berries. *Acta Agriculturae Scandinavica*, *24*(2), 131-134.

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*(4), 1612-1619.

Kortesharju, J. (1988). Cloudberry yields and factors affecting the yield in northern Finland.

Kortesharju, J. (1993). Ecological factors affecting the ripening time of cloudberry (*Rubus chamaemorus*) fruit under cultivation conditions. In *Annales Botanici Fennici* (pp. 263-274). The Finnish Botanical Publishing Board.

Kortesharju, J. (1995). Effects of frost on the female flowers, unripe fruits and vegetative growth of the cloudberry (*Rubus chamaemorus*) in Finnish Lapland. *Aquilo Ser Botanica*, 35: 31-38.

Kruszelnicki, J., Fabiszewski, J., Koczur, A. (2014). *Rubus chamaemorus* L. Malina moroszka.

Kuhnlein, H. V., Appavoo, D., Morrison, N., Soueida, R., Pierrot, P. (1994). Use and nutrient composition of traditional Sahtú (Hareskin) Dene/Métis foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, *7*(3), 144-157.

Laakso, P., Voutilainen, P. (1996). Analysis of triacylglycerols by silver-ion high-performance liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. *Lipids*, *31*(12), 1311-1322.

Larrosa, M., García-Conesa, M. T., Espín, J. C., Tomás-Barberán, F. A. (2010). Ellagitannins, ellagic acid and vascular health. *Molecular aspects of medicine*, *31*(6), 513-539.

Larsson, E. G. K. (1969). Experimental taxonomy as a base for breeding in northern Rubi.

Lilienskiold, H. (2000). Speculum boreale. Nordnorske samlinger, utgitt av Etnografisk museum. Finnmark omkring. 1698. 4 (2-4): 51-327.

Littre, E. (1979). Oeuvres complètes d'Hippocrate. Traduction Nouvelle avec le texte Grec en regard. Adolf M. *Hakkert. Amsterdam*, *7*, 217.

Määttä-Riihinen, K. R., Kamal-Eldin, A., Mattila, P. H., González-Paramás, A. M., Törrönen, A. R. (2004). Distribution and contents of phenolic compounds in eighteen Scandinavian berry species. *Journal of agricultural and food chemistry*, *52*(14), 4477-4486.

Makarov, S. S., Kuznetsova, I. B., Chudetsky, A. I., Rodin, S. A. (2021a). Obtaining high-quality planting material of Forest berry plants by clonal micropropagation for restoration of cutover peatlands. *Известия вузов. Лесной журнал*, (2), 21-29.

Makarov, S. S., Rodin, S. A., Kuznetsova, I. B., Chudetsky, A. I., Tsaregradskaya, S. Y. (2021b). Effect of light on rhizogenesis of forest berry plants during clonal micropropagation.

Makarov, S. S., Upadyshev, M. T., Sungurova, N. R., Tyukavina, O. N., Kulikova, E. I., Kuznetsova, I. B. (2024). Clonal micropropagation of wild berry plants of the genus Rubus. *Техника и технология пищевых производств*, *54*(1), 60-70.

Makinen, Y., Oikarinen, H. (1974). Cultivation of cloudberry in Fennoscandia. Rep. Kevo Subarctic. Res. 11: 90.102.

Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, *79*(5), 727-747.

Martinussen, I., Nilsen, G., Svenson, L., Junttila, O., Rapp, K. (2004). In vitro propagation of cloudberry (*Rubus chamaemorus*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, *78*(1), 43-49.

Martinussen, I., Nilsen, G., Svenson, L., Junttila, O., Rapp, K. (2004). In vitro propagation of cloudberry (*Rubus chamaemorus*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, *78*(1), 43-49.

Martinussen, I., Rapp, K., Bhuvaneswari, T. V., Junttila, O. (2001). Flower development in cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.). In *VIII International Rubus and Ribes Symposium 585* (pp. 143-147).

Martinussen, I., Uleberg, E., McDougall, G. J., Stewart, D., Junttila, O. (2010). Development and quality of cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) as affected by female parent, male parent and temperature. *Journal of Berry Research*, *1*(2), 91-101.

McCallum, S., Woodhead, M., Hackett, C. A., Kassim, A., Paterson, A., Graham, J. (2010). Genetic and environmental effects influencing fruit colour and QTL analysis in raspberry. *Theoretical and applied genetics*, *121*(4), 611-627.

McVean, D. N., Ratcliffe, D. A. (1962). Plant communities of the Scottish High-lands. A study of Scottish mountain, moorland and forest vegetation.

Meusel, H., Jiger, E., Weinert, E. (1965). Vergleichende Chorologie der Zentraleuroptischen Flora. Fischer, Jena

Mian, M. A. R., Skirvin, R. M., Norton, M. A., Otterbacher, A. G. (1995). Drying interferes with germination of blackberry (Rubus sp.) seeds in vitro. *HortScience*, *30*(1), 124-126.

Michael, K. (2006). Clarification of basal relationships in Rubus (Rosaceae) and the origin of Rubus chamaemorus.

Moravice. (t.y.). [Fotoğraf]. CC BY-SA 4.0. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=93228389 (Erişim tarihi: 16 Aralık 2025).

Nilsen, G. S. (2005). Cloudberries—the northern Gold. *International Journal of Fruit Science*, *5*(2), 45-60.

Nordnes, T. H. O. R. A., Werenskiold, B. Q. (1952). The variation of the ascorbic acid content in raw and preserved cloudberries, *Rubus chamaemorus* L. Food Res. 17: 107-122.

Østgård, O. (1964). Investigations on cloudberries (*Rubus chamaemorus* L.) in North-Norway. *Forskning og forsøk i landbruket*, *15*, 409-444.

Päivärinta, E. (2017). Cloudberry (*Rubus chamaemorus*) and its components as chemopreventive constituents in ApcMin mice and human colon adenocarcinoma cells.

Paredes-López, O., Cervantes-Ceja, M. L., Vigna-Pérez, M., Hernández-Pérez, T. (2010). Berries: improving human health and healthy aging, and promoting quality life—a review. *Plant foods for human nutrition*, *65*(3), 299-308.

Peacock, D. N., Hummer, K. E. (1996). Pregermination studies with liquid nitrogen and sulfuric acid on several Rubus species. *HortScience*, *31*(2), 238-239.

Pelletier, L., Brown, A., Otrysko, B., McNeil, J. N. (2001). Entomophily of the cloudberry (*Rubus chamaemorus*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *101*(3), 219-224.

Pormale, J., Osvalde, A. (2015). Cloudberry *Rubus chamaemorus* in Latvia–a new perspective crop. In *of The 73rd Scıentıfic Conference of The Unıversıty of Latvıa* (p. 59).

Primordial~commonswiki (t.y.). [Fotoğraf: Hjortron]. Wikimedia Commons. CC BY-SA 3.0. https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Hjortron.png (Erişim tarihi: 16 Aralık 2025).

Primordial~commonswiki. (t.y.). Hjortron [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. CC BY-SA 3.0. https://tr.wikipedia.org/wiki/Rubus_chamaemorus#/media/Dosya:Hjortron.jpg(Erişim tarihi: 16 Aralık 2025)

Rantala, E. M. (1976). Sexual reproduction in the cloudberry. In *Annales Agriculturae Fenniae* (Vol. 15, pp. 295-303).

Rapp, K. (1987). About the sex ratio and sex differentiation in cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.). *Jord og Myr (Norway)*, *11*(1).

Rapp, K. (1989). The effect of commercial fertilizers on flowering and berry yield in cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.). *Jord og Myr (Norway)*, *132*(4).

Rapp, K. (1991). Selection for high berry yield, and development of varieties of cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.). Norsk Landbruksforking 5: 359-367.

Rapp, K and Martinussen I, Breeding cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) for commercial use. *Acta Hortic* 585:159–160 (2002).

Rapp, K. (2004). *Cloudberry Grower's Guide*. North Norwegian Centre for Research and Rural Development, Tromsø, Norway. 15p..

Rapp, K., Steenberg, K. (1977). Studies of Phosphorus Uptake from Different Dephts in Cloudberry Mires Using P32-Labelled Fertilizer. *Acta Agriculturae Scandinavica*, *27*(4), 319-325

Rapp, K., Næss, S. K., Swartz, H. J. (1993). Commercialization of the cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) in Norway.

Resvoll, T. R. (1928). *Rubus chamaemorus* L.: a morphological-biological study.

Rønning, A. (t.y.). *Rubus chamaemorus* [Fotoğraf].Via Wikimedia Commons. CC BY-SA 3.0. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/17/Rubus_chamaemorus_-_Multe.jpg. (Erişim tarihi: 16 Aralık 2025).

Sandved, G. (1958). Undersøkelser over pollinering hos molte (*Rubus chamaemorus* L.). *Norden*, *62*, 1-4.

Seeram, N. P. (2008). Berry fruits: compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease. *Journal of agricultural and food chemistry*, *56*(3), 627-629.

Sklyarenko, M. (2019). *The berries are growing* [Yagody rastut]. *Ekspert Severo-Zapad*. 11, 18–21. (In Russian)

Taylor, K. (1971). *Rubus chamaemorus* L. *Journal of Ecology*, *59*(1), 293-306.

Thiem, B. (2001). Micropropagation of cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) by initiation of axillary shoots. *Acta societatis botanicorum poloniae*, *70*(1), 11-16.

Thiem, B. (2003). *Rubus chamaemorus* L.- a boreal plant rich in biologically active metabolites: a review. *Biological Letters*, *40*(1), 3-13.

Thiem, B., Berge, V. (2003). Cloudberry: an important source of ellagic acid, an anti-oxidant. *Tidsskrift for den Norske laegeforening: tidsskrift for praktisk medicin, ny raekke*, *123*(13-14), 1856-1857.

Thiem, B., Goślińska, O. (2004). Antimicrobial activity of Rubus chamaemorus leaves. *Fitoterapia*, *75*(1), 93-95.

Thorakkattu, P., Jain, S., Sivapragasam, N., Maurya, A., Tiwari, S., Dwivedy, A. K., Koirala, P., Nirmal, N. (2025). Edible Berries-An Update on Nutritional Composition and Health Benefits-Part II. *Current Nutrition Reports*, *14*(1), 10.

Uleberg, E., Trost, K., Stavang, J. A., Røthe, G., Martinussen, I. (2011). Evaluation of cloudberry (Rubus chamaemorus L.) clones for selection of high-quality varieties. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, *61*(sup1), 18-26.

University of Alaska Fairbanks, Cooperative Extension Service. (2022). *Cloudberries*(L. Shallcross).

University of Bergen. (2022). *Rubus chamaemorus (cloudberry).* University Gardens, University of Bergen. https://www.uib.no/en/universitygardens/146692/rubus-chamaemorus-cloudberry

Uosukainen, M. (2010). Cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) cultivar'Nyby'-an example of domestication of wild plant species to cultivation. In *Abstracts* (p. 116). University of Eastern Finland.

Van Heerwaarden, L. M., Toet, S., Aerts, R. (2003). Nitrogen and phosphorus resorption efficiency and proficiency in six sub-arctic bog species after 4 years of nitrogen fertilization. *Journal of Ecology*, 1060-1070.

Wada, S., Reed, B. M. (2011). Optimized scarification protocols improve germination of diverse Rubus germplasm. *Scientia Horticulturae*, *130*(3), 660-664.

Wallenius, T. H. (1999). Yield variations of some common wild berries in Finland in 1956—1996. In *Annales Botanici Fennici* (pp. 299-314). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.

Wang, S. Y. , Zheng, W. and Maas, J. L. (2003). High plant growth temperatures increase anioxidant capacities in strawberry fruit *Acta Horticulturae*, 626: 57 – 63.

Warr, H. J., D. R. Savory, and A. K. Bal. (1979). Germination studies of bakeapple(cloudberry) seeds. *Canadian Journal of Plant Science*, *59*(1), 69-74.

Weber, H. E. (1995). Rubus L.–Pp. 284–595 in: Weber HE (ed.), Hegi G. Illustrierte Flora von Mitteleuropa 4/2A.

Weber, H. E. (1999). The present state of taxonomy and mapping of blackberries (Rubus) in Europe. *Acta Bot. Fenn*, *162*, 161-168.

Wendell, M., Alsanius, B. W. (2005). Choice of substrate and fertilization strategy to greenhouse grown cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.). In *International Symposium on Growing Media 779* (pp. 569-576).

Yudina, V.F. (1993). Phenological development and yields of cloudberry (*Rubus chamaemorus*) in Karelia, Russia. Acta Botanica Finnica 149:7–10.

BÖLÜM 3
ÜZÜMSÜ MEYVELERDE BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİLERİNİN KULLANIMINA YÖNELİK GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Doç. Dr. Sinem ÖZTÜRK ERDEM[4]
Araş. Gör. Merve KARAKOYUN MUTLUAY [5]
Yük. Lis. Öğr. Süleyman AVCI[3]
Yük. Lis. Öğr. Mustafa ERDEN[4]
DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18117330

[4] Bilecik Şeyh Edebali Universitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bilecik, Türkiye. Sinem.erdem@bilecik.edu.tr, orcid id: 0000-0002-8978-0837
[5] Bilecik Şeyh Edebali Universitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bilecik, Türkiye. Sinem.erdem@bilecik.edu.tr, orcid id: 0000-0001-7438-4738
[3] Bilecik Şeyh Edebali Universitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji ABD, Bilecik, Türkiye. erden8845@gmail.com, orcid id: 0009-0002-0773-1941
[4] Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Sakarya, Türkiye. avcisuleyman14@gmail.com, orcid id: 0009-0000-7000-8399

GİRİŞ

Bitkilerde uzun yıllardır büyüme ve gelişmede esas etkili faktörün; ihiyaç duyulan mineral maddelerin topraktan alınmasına ve bitkilerde de sentezlenmesine bağlı olduğu görüşü savunulmaktaydı. Ancak son yıllarda, bitkilerde büyümenin, bünyelerinde çok az miktarda sentezlenseler dahi etkili olabilen kimyasal maddeler tarafından düzenlendiği belirlenmiştir (Kacar, 2015). Bu bileşikler, bitki hormonları olarak adlandırılmakta olup, bitkilerde doğal olarak sentezlenir, çok düşük konsantrasyonlarda dahi etkili olur, bitki bünyesinde taşınabilir ve taşındıkları yerde fonksiyon gösterirler (Wu ve ark., 2019). Fitohormon olarakta adlandırılan büyüme hormonları, hücre bölünmesi, uzaması ve farklılaşması gibi temel gelişim süreçlerinin yanı sıra meyve gelişimi ve olgunlaşma gibi kritik evrelerde de düzenleyici roller üstlenmektedir. Başlıca fitohormonlar arasında oksinler, giberellinler, sitokininler, absisik asit (ABA) ve etilen yer almakta olup, her biri bitkilerin farklı gelişim evrelerinde özgün görevler yürütmektedir (Pech ve ark., 2018; Bai ve ark., 2021).

Fitohormonların fizyolojik etkileri yalnızca bitkinin kendi endojen hormonlarıyla sınırlı kalmaz; aynı zamanda, bu hormonların sinyal iletimini taklit eden, sentezini, salınımını veya reseptör duyarlılığını modifiye eden eksojen bileşikler de bitki büyüme düzenleyicileri (BBD) olarak adlandırılmaktadır (Hajam ve ark., 2017; Samuels ve ark., 2022). Bu düzenleyiciler, bitki fizyolojisi üzerinde çeşitli etkilere sahiptir ve meyve tutumunu artırmak, olgunlaşmayı hızlandırmak veya geciktirmek, meyve boyutunu optimize etmek, hasat öncesi dökülmeleri azaltmak ve depolama süresini uzatmak gibi birçok uygulama alanına sahiptir (Yue ve ark., 2020; Fidelibus ve ark., 2022). Özellikle ekonomik değeri yüksek olan meyve türlerinde BBD'lerin kullanımı, hem verimi hem de kaliteyi artırarak üreticiye önemli ekonomik avantajlar sağlamaktadır (Balaguera-López ve ark., 2020).

Üzümsü meyveler, dünya genelinde yüksek ekonomik değere sahip ve üretim hacmi giderek artan meyve türleri arasında yer almaktadır. Bu meyveler, doğal büyüme süreçlerinin yanı sıra bitki büyüme düzenleyeci uygulamalarıyla verim ve kalite açısından optimize edilebilmektedir. Üzümsü meyvelerde büyüme düzenleyicilerinin kullanımı; meyve tutumunun artırılmasından meyve iriliğinin iyileştirilmesine, olgunlaşma süresinin kontrolünden hasat sonrası kalite ve depolama performansının geliştirilmesine kadar geniş bir etki

yelpazesi sunmaktadır. Ayrıca, farklı bitki büyüme düzenleyicilerin etki mekanizmaları ve uygulama zamanları, üzümsü meyvelerin fizyolojisi ve üretim stratejileri açısından büyük önem taşımaktadır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, bitki büyüme düzenleyicilerin sadece verim ve kaliteyi artırmakla kalmayıp aynı zamanda stres koşullarına karşı bitkilerin dayanıklılığını da etkileyebileceğini göstermektedir. Örneğin, bazı uygulamalar meyve gelişimi sırasında oksidatif stresin azaltılmasına, hormon dengesinin korunmasına ve metabolik süreçlerin optimize edilmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, üzümsü meyvelerde BBD kullanımı, sadece tarımsal verimlilik ve kaliteyi artırmakla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir üretim stratejilerinin geliştirilmesine de katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, bazı üzümsü meyvelerde son yıllarda gerçekleştirilen araştırmalar ışığında bitki büyüme düzenleyicilerinin etkileri kapsamlı bir şekilde incelenmiş; farklı hormonların köklenme, meyve gelişimi, olgunlaşma, verim ve kalite üzerindeki etkileri sistematik olarak değerlendirilmiştir.

BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİLERİ

Oksin

Bitkilerde keşfedilen ilk büyüme hormonu olan oksin, büyüme ilişkisine dayalı olarak keşfedilmiş olsada çimlenmeden senesense kadar bitkilerin tüm büyüme evrelerinde etkili olduğu bilinmektedir (Kacar, 2015). Bitkilerde tespit edilen oksinlerin temelini, doğal olarak sentezlenen Indol-3-asetik asit (IAA) ile birlikte 4-kloro-indol asetik asit ve Fenilasetik asit oluşturmaktadır. Yaygın bir şekilde kullanılan sentetik oksinler ise Indol-3-bütirik asit (IBA), Naphtaleneacetic asit (NAA), 2,4-Diklorofenoksi asetik asit (2,4-D), 2,4,5-Triklorofenoksi asetik asit (2,4,5-T) ve 2,4,5-Triklorofenoksi propiyonik asit (2,4,5-TP)'dir.

Bitki kök uzamasında oksinin düşük konsantrasyonda daha fazla etki gösterdiği, konsantrasyonun artıkça köklenmenin azaldığı bilinmektedir (Kacar, 2015). Son yıllarda kuşburnunda yapılan çalışmalar incelendiğinde, Samiei ve ark. (2021) *Rosa canina*'da 0.3 $mg \cdot L^{-1}$ NAA uygulamasında en yüksek kök sayısını, 0.3 $mg \cdot L^{-1}$ IBA uygulamasında ise en uzun kök sayısını elde ettiklerini bildirerek, farklı oksinlerin, köklenmenin farklı yönlerini (kök sayısı, uzunluğu ve yoğunluğu) düzenlediğini ortaya koymuştur. *Rosa canina* ile yapılan başka bir çalışmada, apikal çeliklerde 2500 ppm IBA ve %75

hindistan cevizi suyu kombinasyonunun en yüksek köklenme oranını sağladığını, mikoriza ilavesinin ise ek bir fayda oluşturmadığı belirlenmiştir (Grigoriadou ve ark., 2023). Davoudi Pahnekolayi ve ark. (2015) ise VS ortamında 0.6–0.9 mg·L^{-1} IBA veya NAA uygulamasının köklenme yüzdesi ve kök sayısını artırdığını bildirmiştir. Ayrıca Abohatem ve ark. (2024), BAP + NAA ve BAP + GA_3 kombinasyonlarını karşılaştırmış ve 1.0 mg·L^{-1} BAP + 0.5 mg·L^{-1} GA_3 içeren ortamın sürgün çoğalmasını önemli ölçüde artırdığını rapor etmiştir.

Ahududu ve böğürtlende köklendirme çalışmaları üzerine son yıllarda birçok çalışma bulunmaktadır (Öztürk Erdem ve ark., 2016; İpek ve ark., 2018; Da Silva ve Biasi, 2022; Çiğdem ve ark., 2022; Şener ve Kurt, 2022; Zenginbal ve Gündoğdu, 2022; Çakmakçı ve ark., 2024). Bu çalışmalar, oksinlerin ve oksin benzeri büyüme düzenleyicilerinin köklenme sürecinde doğrudan etkili olduğunu ve diğer büyüme düzenleyicilerle kurulan hormonal dengenin sürecin verimliliğini belirlediğini göstermektedir.

Dut türlerinde yapılan çalışmalar incelendğinde, Çezik ve ark. (2022) ışık ve karanlıkta 5 gün bekletilen siyah dut odun çeliklerinin 6000 ppm IBA uygulaması sonrası köklenme performansındaki değişimlerini belirledikleri çalışmada, ışık ve karanlık koşulları arasında köklenme, kallus oluşumu ve kök gelişimi açısından istatistiksel bir fark bulunmadığını, köklenme oranlarının ise %68.89–93.33 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. İşbilir ve ark (2022)'ın siyah dut odun çeliklerinde 6000 ppm IBA ile 1000–3000 ppm Paclobutrazol (PBZ) uygulamalarının köklenme performansı üzerindeki etkilerini belirlemek üzerine yaptıkları çalışmanın sonucunda, en yüksek köklenme oranı %40 ile IBA + PBZ 1000 uygulamasında elde edilirken, en uzun köklerin 6000 ppm IBA uygulamasında ve en kalın köklerin PBZ 1000 dozunda oluştuğunu bildirmişlerdir. Regmi ve ark. (2022) ise farklı IBA dozlarının köklenme oranı ve kök morfolojisini optimize ettiğini ortaya koyarak, oksin konsantrasyonunun kök gelişimi üzerindeki belirleyici etkisini belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Sun ve ark. (2023) tarafından yürütülen çalışmada ise ABT1 köklenme preparatının bitki dokularında IAA ve jasmonik asit (JA) birikimini artırarak kök primordiumlarının erken indüksiyonunu hızlandırdığı; buna karşın GA_3 ve ABA seviyelerinin düşük tutulmasının kök oluşumunu desteklediği belirlenmiştir.

Çabuk ve Çekiç (2023)'in farklı IBA dozlarının (4000, 6000 ve 8000 ppm) siyah, mor ve karadut türlerine ait odun çeliklerinde köklenme performansı üzerine etkilerini belirledikleri çalışmada, en yüksek köklenme oranı siyah dut çeliklerinde 6000 ppm IBA uygulamasında elde edilmiştir. Tür ve dozlara bağlı olarak kalluslenme, çürüme, kök sayısı, kök kalınlığı ve toplam kuru madde gibi diğer parametrelerde farklılıklar gözlense de, bu bulgular köklenme oranı ile paralel bir ilişki göstermemiştir. Genel olarak, IBA uygulamalarının köklenme oranı üzerinde anlamlı bir etki yarattığı, ancak köklenme yeteneğini belirleyen diğer özelliklerde tutarlı bir artış sağlanamadığı bildirilmiştir. Karakoyun ve Öztürk Erdem'in (2023) 6000 ppm IBA uygulamasında sulama suyunun farklı pH seviyelerinin beyaz dut yeşil çeliklerinde kök ve sürgün gelişimi üzerine etkilerini belirledikleri çalışmada, en yüksek köklenme ve sürgün sayısı pH 7.0'da, en uzun sürgün gelişimi ise pH 6.5'te elde edilmiş ve pH'nın köklenme süreci üzerinde belirleyici olduğu görülmüştür.

Bitki doku kültürü uygulamalarında da köklenme başarısı büyük ölçüde kullanılan büyüme düzenleyicilerin türü ve konsantrasyonuna bağlıdır. Özellikle oksinler, Indol-3-bütirik asit (IBA), Indol-3-asetik asit (IAA) ve Naftalen asetik asit (NAA), kök oluşumunun başlatılması ve kök gelişiminin sürdürülmesinde temel büyüme düzenleyici grubunu oluşturmaktadır.

Maviyemiş üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, Figiel-Kroczyńska ve ark. (2022)'ın yapmış oldukları çalışmada sitokinin-oksin kombinasyonlarının sürgün çoğaltımı ve köklenmeyi optimize ettiği, Le ve ark. (2023)'ın yarı katı ortam ve TIS biyoreaktörlerde farklı baz ortamlar ve IBA düzeylerinin köklenme performansını etkilediğini; yüksek IBA düzeylerinin kök sayısını artırırken kök uzunluğunu azalttığı bildirilmiştir. Wang ve ark. (2023) ise 'ZY09' genotipinde 0.1 $mg \cdot L^{-1}$ IBA + 0.0005 $mg \cdot L^{-1}$ TDZ + 1 $mg \cdot L^{-1}$ zeatin kombinasyonunun in vitro çoğaltımda en iyi sonucu verdiğini bildirmişlerdir. Frenk üzümü ve yaban mersini türlerinde mikroçoğaltım çalışmaları, farklı hormon kombinasyonlarının sürgün indüksiyonu ve köklenme verimliliğini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir (Manole ve ark., 2012; Wang ve ark., 2023). Taha (2022) ile Khatri ve Joshee (2024), in vitro mikroçoğaltım ve somatik embriyogenez protokollerinde oksin ve oksin türevlerinin rejenerasyon, köklenme ve sürgün oluşturma aşamalarında kritik rol oynadığını vurgulamıştır.

Adak ve ark. (2009), Camarosa çilek çeşidinin doku kültürüyle çoğaltılması üzerine farklı hormon tiplerinin ve bunların birlikte uygulamalarının etkilerini incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; tek başına TDZ ve bunun IAA ile birlikte uygulanmasının kardeşlenmeyi önemli düzeyde etkilediği bildirilmiştir. Adak (2011), meristem kültüründen elde edilen çeşitli çilek türlerinde kardeşlenme ve köklenme üzerinde en uygun hormon konsantrasyonlarını belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışma sonucunda, farklı çeşitlerin gibberellik asit (GA_3) uygulamalarına verdiği yanıtların değişkenlik gösterdiği saptanmıştır; Camarosa çeşidinde 0.4–1.0 mg L^{-1} GA_3, Chandler'da 0.1 mg L^{-1} GA_3 ve Oso Grande'da 0.4 mg L^{-1} GA_3 kardeşlenme için en uygun dozlar olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 1.0 mg L^{-1}'den yüksek BAP içeren ortamların tüm çilek çeşitlerinde kardeşlenme sayısını önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir.

Araştırmalar, oksinin yalnız başına değil, GA_3, ABA ve PAC gibi diğer fitohormonlarla birlikte meyve tutumu ve olgunlaşma süreçlerinde karmaşık bir düzenleyici ağın parçası olarak işlev gördüğünü ortaya koymaktadır. Tian ve ark. (2022), çilek bitkisinde NAA, GA_3 ve PAC uygulamalarının meyve tutumunun erken evrelerinde tohum ve meyve eti gelişimini düzenlediğini; GA_3'ün dikey uzamayı artırdığını, PAC'ın ise NAA etkisini baskıladığını bildirmiştir. RNA-seq ve qPCR analizleri, NAA'nın GA biyosentezi ve büyüme ile ilişkili genleri yukarı yönlü düzenlediğini ortaya koymuştur. Li ve ark. (2022), olgunlaşma sırasında ABA ve oksin arasındaki sinerjik etkileşimi incelemiş; ABA'nın tek başına merkezi sinyal olmadığını, IAA ile birlikte olgunlaşmayı düzenlediğini göstermiştir. Li ve ark. (2023) ise çoklu fitohormon ağları içinde ABA aracılığıyla gerçekleşen oksin etkileşimlerinin olgunlaşmayı koordine ettiğini raporlamıştır. Hu ve ark. (2023), GA_3 uygulamasının yaban mersininde tohum gelişimini baskılayarak partenokarpik meyve oluşumunu uyardığını ve bunun oksin-GA etkileşimleri ile bağlantılı olduğunu göstermiştir.

Sonuç olarak oksinler, bitkilerin çimlenmeden senesense kadar tüm gelişim evrelerinde köklenme, sürgün çoğaltımı, meyve tutumu ve olgunlaşma gibi kritik süreçleri düzenleyen merkezi büyüme hormonlarıdır. Doğal ve sentetik oksinler, konsantrasyon ve uygulama yöntemine bağlı olarak kök sayısı, kök uzunluğu ve kök yoğunluğu üzerinde belirleyici etkiler gösterirken

diğer fitohormonlarla etkileşimleri, karmaşık bir hormonal ağ aracılığıyla hem in vivo hem de in vitro bitki gelişimini optimize etmektedir.

Giberellinler

Giberellinler (GA) bitkilerde büyüme ve gelişimi düzenleyen önemli fitohormonlardan biridir. İlk olarak 1920'lerde Japonya'da çeltik bitkilerinin aşırı boy uzaması sonucu yapılan incelemeler sonucunda *Gibberella fujikuroi* mantarının uzamaya yol açan salgılarından izole edilen bu hormonların, günümüzde bitkilerde; çiçeklenme, meyve gelişimi, tohum çimlenmesi, dormansinin giderilmesi gibi temel fizyolojik süreçlerde kritik rol oynadığı bilinmektedir. Bu hormon ismini fungustan almakta ve Giberellik asit (GA_3) adıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Giberellinler, bitki bünyesinde çeşitli biyosentez ve katabolizma yolları aracılığıyla düzenlenir ve etki mekanizmaları, GA reseptörleri üzerinden gen ekspresyonunu modüle eden karmaşık sinyal ağları ile sağlanır. Ayrıca, giberellinlerin oksin, sitokinin, abskisik asit ve etilen gibi diğer fitohormonlarla etkileşimi, bitkilerde büyüme ve gelişim süreçlerinin koordinasyonunu sağlayan bütüncül hormonal dengede merkezi bir rol oynamaktadır (Baktır, 2015; Kacar, 2015).

Lin ve Agehara (2021) ise GA_3 uygulamasının çiçeklenme ve meyve bağlama fenolojisini öne çektiğini, BA (6-Benzlamino pürine) ile birlikte tomurcuk kırılmasını teşvik ettiğini ortaya koymuşlardır. Bunun yanında, Zhou ve ark. (2021), çilekte GA_3 uygulamasının meyve tutumu ve büyüklüğünü düzenlediği, FveRGA1 ve FveARF8 genleri aracılığıyla GA ve oksin etkileşimi yoluyla meyve gelişimini kontrol ettiği gösterilmiştir.

Ayrıca üzümsü meyvelerde birçok verim parametresini iyileştirdiği bilinmektedir. Ramírez ve ark. (2025), ahududu bitkisinde $GA_{4/7}$ uygulamalarının yan sürgün büyümesini, çiçek sayısını ve kalite parametrelerini artırdığını, 6-BAP ile kombinasyonun erken dönemde kaliteyi iyileştirdiğini göstermiştir. GA uygulamalarının meyve kalitesi ve fenoloji üzerine etkileri de detaylı şekilde rapor edilmiştir. Rodrigues ve ark. (2025), GA_3 ve BA uygulamalarının verimi değiştirmeden antioksidan kapasite, toplam fenol, antosiyanin ve çözünebilir şekerleri artırdığını, Ramírez ve ark. (2025), ahududu bitkisinde $GA_{4/7}$ uygulamalarının yan sürgün büyümesini, çiçek sayısını ve kalite parametrelerini artırdığını; 6-BAP ile kombinasyonun erken dönemde kaliteyi iyileştirdiğini belirlemişlerdir. Rathod ve ark. (2020) ise açık

tarla koşullarında GA_3 ve NAA uygulamalarının hem verim hem de kalite metriklerini optimize ettiğini, özellikle GA_3'ün bitki gelişimini maksimize ettiğini ve NAA'nın TSS ve askorbik asit değerlerini artırdığını göstermiştir.

Tohum dormansisi üzerine giberellinlerin etkili olduğu ve çimlenme oranlarını artırdığı ayrıca partenokarpik meyve oluşumu üzerine de etkili olduğu bildirilmiştir (Hajyzadeh, 2022; Hu ve ark., 2023; Cromie ve ark., 2025). Ayrıca in vitro çoğaltımda, Saif ve Mohamed (2023) böğürtlenin GA_3 ve BA kombinasyonunun sürgün gelişimini ve köklenmeyi artırdığını, Jakab ve ark. (2022) ise BAP–GA_3 dengesi ile in vitro sürgün çoğaltımı ve kök gelişiminin optimize edilebileceğini ortaya koymuştur.

Gibberellik asit uygulamaları, üzümsü meyve türlerinde sürgün yaprak ve stolon oluşumu üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır. Diga (2021), *Morus alba*'da GA_3 ve budama yüksekliği kombinasyonunun sürgün ve yaprak alanını artırdığını, Ramírez ve ark. (2025), tünel sera koşullarında $GA_{4/7}$ ve 6-BAP uygulamalarının erken dönemde sürgün uzamasını, çiçeklenmeyi ve verimi artırdığını; Ahmed ve ark. (2017) çilekte yaptığı çalışmada frigo fidelerde GA_3 uygulaması ile erken verim ve kaliteyi artırırken, stolon yönetiminin bu etkileri güçlendirdiğini göstermiştir. Yang ve ark. (2024) çileklerde fotoperiyod ve ek mavi ışık uygulamasının GA etkilerini destekleyerek çiçeklenme ve sürgün oluşumu üzerinde rol oynadığını belirtmişlerdir. Li ve ark. (2021), GA_3 uygulamasının Fragaria vesca fidelerinde transkriptom düzeyinde aksiller tomurcuğun stolona yönelimini tetiklediğini ve hormon biyosentez/gen ekspresyonunu yeniden programladığını rapor etmiştir.

Üzümsü meyvelerdeki çalışmalar, GA uygulamalarının küçük meyve türlerinde hem büyüme düzenleyici hem de fenoloji ve kalite yönetiminde geniş bir etki alanına sahip olduğunu; etkilerin uygulama dozu, kombinasyonlar, genotip ve ortam koşullarına bağlı olarak optimize edilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. GA uygulamaları, aksiller meristem gelişimi, stolon oluşumu, çiçeklenme ve meyve kalite parametrelerini doğrudan etkilerken, tohum dormansi kırma ve partenokarpi gibi gelişimsel süreçlerde de kritik rol oynamaktadır. Böylece GA, üzümsü meyve kültüründe hem üretim verimliliğini hem de meyve kalitesini artırmak için temel bir büyüme düzenleyici olarak işlev görmektedir.

Sitokinin

Doğal fitohormon olan sitokininler Fitokininler olarakta ifade edilmektedir. Oksin ve giberellinler hücre uzamasını teşvik ederken, sitokininler hücre bölünmesini teşvik etmektedirler. Doğal sitokinin ilk olarak mısır tohumlarından elde edilen zeatin'dir. Yapay olarak en çok kullanılan sitokinin 6-Benzlamino pürine (BA) olup sinonimleri; Benzyladenin, BAP ve Verdan olarak isimlendirilmektedirler (Gerçekcioğlu ve ark., 2012). Son yıllarda keşfedilen ve güçlü bir sitokinin benzeri etki gösteren thidiazuron (TDZ), bitki doku kültürü çalışmalarında yaygın olarak kullanılan önemli bir büyüme düzenleyicisi hâline gelmiştir (Baktır, 2015).

Bu hormonlar, hücre bölünmesini teşvik ederek meristematik dokuların proliferasyonunu artırmakta ve sürgün oluşumunu düzenlemektedir. Literatürde, kullanılan sitokinin türü, konsantrasyonu, uygulama süresi ve kültür ortamının bileşiminin sürgün sayısı, uzunluğu ve morfolojik kalitesi üzerinde belirleyici olduğu vurgulanmaktadır. Yapılan çalışmalar, BAP ve TDZ kombinasyonlarının yüksek rejenerasyon oranı ve kaliteli sürgün oluşumunu desteklediğini; buna karşın kinetin ve zeatin türevlerinin daha sınırlı bir etki gösterdiğini ortaya koymaktadır (Kim ve ark., 2020; Mullo ve ark., 2023).

LED ışık spektrumları ile birlikte uygulanan sitokinler, eksplant tipi ile etkileşerek rejenerasyonu optimize etmekte ve yüksek çoğaltım oranlarına ulaşılmasını sağlamaktadır. Loshyna ve ark. (2022), LED ışık altında BAP ve TDZ kombinasyonlarının, özellikle yaprak ve nodal eksplantlarda sürgün rejenerasyonunu önemli ölçüde artırdığını rapor etmişlerdir. Frenk üzümü ve yaban mersini çalışmalarında, zeatin ve BAP uygulamalarının sürgün çoğaltımı üzerindeki uyumlu etkileri, köklenme sürecinde oksin ile birlikte uygulandığında daha etkin sonuçlar göstermektedir (Figiel-Kroczyńska ve ark., 2022; Wang ve ark., 2023).

Topçu (2022), Trakya bölgesinden toplanan Rubus spp. materyali üzerinde yürüttüğü çalışmada, 3 $mg \cdot L^{-1}$ BAP uygulamasının en uzun sürgün gelişimini sağladığını bildirmiştir. Ayrıca BAP + GA_3 + NAA kombinasyonunun sürgün çoğaltımında en yüksek proliferasyon oranını oluşturduğu; köklenme aşamasında ise 1 $mg \cdot L^{-1}$ IBA'nın etkili olduğu belirtilmiştir. Elde edilen bu bulgular, sitokinlerin sürgün çoğaltımındaki etkinliğinin hem kullanılan konsantrasyona hem de farklı büyüme

düzenleyicileriyle oluşturulan kombinasyonlara duyarlı olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Sitokinler yalnızca sürgün çoğaltımında değil, aynı zamanda doku rejenerasyonu süreçlerinde de kritik rol oynamaktadır. Rubus türlerinde yapılan çalışmalarda, farklı sitokin kombinasyonlarının dokusal rejenerasyonu optimize ettiği ve sağlıklı sürgünlerin oluşumunu desteklediği gösterilmiştir. Samaan (2022), 'Karaka Black' böğürtleninde 0.4 mg L^{-1} BAP + 0.1 mg L^{-1} TDZ kombinasyonunun sürgün sayısı, uzunluğu ve yaprak sayısını optimize ettiğini bildirmiştir. Ayrıca kinetin kullanılan ortamlardaki bitkicikler morfolojik olarak daha sağlıklı görünmüş ve çoğu sürgünde köklenme yeteneği kazanmıştır.

Silvestri ve ark. (2018), goji berry türünde DKW + 0,5 mg·L^{-1} BAP ortamında eksplant başına ortalama 6.7 sürgün elde etmiş, ex vitro köklendirme ile %90'ın üzerinde fide yaşama oranı sağlamıştır. Ahmed ve ark. (2022) ise BAP, TDZ ve zeatin kullanarak, 225.24 µM BAP ile eksplant başına 7.14 sürgünle en yüksek çoğaltımı rapor etmişlerdir. Bu sonuçlar, sitokinlerin doku rejenerasyonu üzerindeki etkisini ve farklı konsantrasyonların sonuçları optimize etmedeki önemini açıkça göstermektedir.

Sitokinlerin köklenmeye etkisi genellikle oksinlerle birlikte değerlendirilmektedir. Sitokinler, sürgün gelişimini teşvik ederken, uygun oksin konsantrasyonları ile kombine edildiğinde kök indüksiyonunu desteklemektedir. Kefayeti ve ark. (2019), 'Chester Thornless' böğürtleninde 2.0 mg L^{-1} BAP + 0.2 mg L^{-1} IBA kombinasyonunun en yüksek sürgün sayısını sağladığını, köklendirmede ise 0.4 mg L^{-1} NAA'nın optimum performans gösterdiğini bildirmiştir. Saif ve Mohamed (2023) 'APF-45' çeşitinde MS + BA 1.5 mg·L^{-1} + GA_3 0.5 mg·L^{-1} ile en yüksek sürgün sayısı ve uzunluğu elde etmiş; köklendirmede 0.5 mg·L^{-1} IBA ile en uzun kökleri, 1.0 mg·L^{-1} NAA ile en fazla kök sayısını sağlamıştır. Lycium barbarum'da Silvestri ve ark. (2018) ex vitro %0.6 IBA hızlı daldırma ile yüksek köklenme ve %90'ın üzerinde fide yaşama oranı rapor etmişlerdir. Bu sonuçlar, sitokinlerin doğrudan köklenme süreçlerine etkisinin sınırlı olmasına rağmen, sürgün gelişimini artırarak kök indüksiyonunu dolaylı yoldan optimize ettiğini göstermektedir. Dolayısıyla, sitokin-oksin dengesi köklenme başarısında kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Sitokinlerin yalnızca sürgün çoğaltımı ve köklenmede değil, aynı zamanda hücresel farklılaşma ve doku yeniden yapılanmasında da temel rol oynadığı bilinmektedir. Sitokin-oksin dengesi hem somatik oksin dengesi hem de bitkicik başarısı için kritik öneme sahiptir. Sitokinler, somatik embriyogenez indüksiyonunda da merkezi rol oynamaktadır. Khatri ve ark. (2024), Goji berry'de MS + 1.0 µM pikloram ve 10 µM BAP kombinasyonunun en yüksek somatik embriyogenez yüzdesini sağladığını rapor etmişlerdir. 9–12 saatlik kısa desikasyon ile SE yüzdesi %60–90'a yükseltilmiş ve elde edilen rejenerantlar başarıyla aklimatize edilmiştir. Bu bulgular, sitokinlerin yalnızca sürgün çoğaltımı ve köklenmede değil, aynı zamanda hücresel farklılaşma ve doku yeniden yapılanmasında da temel rol oynadığını ortaya koymaktadır. Sitokin-oksin dengesi, hem somatik embriyogenez verimliliği hem de bitkicik oluşturmada önemlidir.

Absisik Asit

Absisik asit (ABA), 1965 yılında keşfedilmiş bir stres hormonu olarak tanımlanmaktadır. Bitkilerde büyümeyi engelleyici ve yavaşlatıcı olarak bilinmektedir. Bitki hormonları içerisinde (etilen hariç) türevi olmayan bir hormondur (Baktır, 2015).

Meyve dokularında ABA birikimi, hücresel metabolizma ve gen ekspresyon ağları üzerinden büyüme, renklenme ve dayanıklılığı düzenlemektedir. Zhao ve ark. (2024), çilek meyvelerine uygulanan 100 µM ABA'nın raf ömrünü uzattığını, hücre yapısını koruduğunu ve şeker metabolizmasını olumlu etkilediğini bildirmiştir. Böğürtlen ve ahudududa ABA'nın drupelet ve reseptakl dokularda birikerek titre edilebilir asitlik ve sertlik gibi kalite parametrelerini etkilediği, ayrıca RiNCED1 ve RiPYL genlerinin ekspresyonuyla ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Yang ve ark., 2020; Álvarez ve ark., 2023).

Benzer şekilde, mavi yemişte (*Vaccinium virgatum*) 500–1000 mg/L ekzojen ABA uygulamalarının olgunlaşmayı hızlandırdığı, antosiyanin ve flavonoid birikimini artırdığı, uçucu aroma bileşikleri ile kalite indekslerini iyileştirdiği gösterilmiştir (Yang ve ark., 2023; Qiao ve ark., 2024). Bu bulgular, ABA'nın meyve olgunlaşmasını, kimyasal kompozisyonu ve raf ömrünü düzenlemede merkezi bir rol oynadığını ve uygulama dozları ile zamanlamasının kaliteyi optimize etmek için kritik olduğunu göstermektedir.

Zhang ve ark. (2021), böğürtlen bitkilerine ekzojen ABA uygulamasının poligalakturonaz (PG) ve β-1.4-endoglukonaz aktivitelerini artırarak hücre duvarı yıkımını hızlandırdığını ve olgunlaşmayı teşvik ettiğini belirlemişlerdir.

Chung ve ark. (2019), *V. corymbosum* 'Bluecrop' çeşidinde 1 g/L ABA uygulamasının antosiyanin biyosentezini artırdığını ve olgunlaşma boyunca ABA biyosentezi ile sinyal genlerinin yukarı düzenlendiğini ortaya koymuştur. Ayrıca Zhang ve ark. (2025), 500 μM ABA uygulamasının *FaMADS6* genini baskılayarak antosiyanin birikimini etkilediğini; Jia ve ark. (2025) ise MADS-box CMB1'in fosforilasyonunun ABA katabolizmasını düzenleyerek olgunlaşma sürecini kontrol ettiğini bildirmiştir. Bu çalışmalar, ABA'nın meyve kalitesi ve renklenmesi üzerindeki etkilerinin hem metabolik hem de genetik düzeyde güçlü kanıtlarla desteklendiğini göstermektedir.

ABA'nın stres toleransında da kritik bir düzenleyici olduğu bilinmektedir. Soğuk stresine ilişkin çalışmalar, ABA'nın çevresel adaptasyondaki önemini özellikle vurgulamaktadır. Shen ve ark. (2022), *F. nilgerrensis* ve *F. vesca* türlerinde düşük sıcaklık altında ABA birikiminin ve *NCED* ekspresyonunun arttığını; tolerant tür olan *F. nilgerrensis*'in daha yüksek ABA düzeyleri sayesinde daha düşük membran zararı gösterdiğini belirtmiştir. Benzer şekilde Lin ve ark. (2024), *FaLEA167* geninin aşırı ifadesinin ABA düzeylerini azaltarak renklenmeyi baskıladığını ve olgunlaşmada negatif düzenleyici bir rol oynadığını göstermiştir. Li ve ark. (2019), *Lycium barbarum var. auranticarpum* ve *L. ruthenicum* çeşitlerinde 50 mg/L ABA püskürtmesinin antosiyanin birikimini ve meyve renklenmesini artırdığını, ABA biyosentez inhibitörü fluridon uygulamasının ise bu etkileri tersine çevirdiğini bildirmiştir.

Qin ve ark. (2022), *L. chinense* ve *L. ruthenicum*'un tuzluluk yanıtlarını karşılaştırmış ve 150 mM NaCl koşullarında *L. ruthenicum*'un ABA düzeylerini belirgin biçimde artırarak daha yüksek tuz toleransı sergilediğini göstermiştir. Ma ve ark. (2025), LbNAM2–LbZDS modülünün ABA biyosentezini düzenleyerek kuraklık dayanımını artırdığını; Li ve ark. (2023) ise NCED gen ailesinin özellikle *LrNCED1* üyesinin tuz-alkali koşullarda yukarı regüle olduğunu ortaya koyarak, ABA biyogenezinin abiyotik stres yanıtlarını şekillendirdiğini bildirmiştir.

Üzümsü meyveler üzerine yapılan çok sayıda çalışma, ABA'nın olgunlaşma sürecindeki sinyal hiyerarşisini detaylandırmıştır. Liao ve ark.

(2018), çilekte erken gelişim dönemlerinde oksin ve giberellinlerin ABA katabolizmasını uyararak büyümeyi desteklediğini; olgunlaşma eşiğinde ise *NCED* aracılı ABA birikiminin hızlanarak renklenmeyi tetiklediğini göstermiştir. Li ve ark. (2024), *FaARF2*'nin *FaNCED1* promotörüne bağlanarak ABA düzeyini düşürdüğünü ve olgunlaşmayı geciktirdiğini; RNAi hatlarında ise bu etkinin tersine döndüğünü raporlamıştır. Martín-Pizarro ve ark. (2021), *FaRIF* transkripsiyon faktörünün ABA biyosentezi ve sinyalini artırarak olgunlaşmayı yönlendirdiğini, *FaRIF*-RNAi hatlarındaki olgunlaşma gecikmesinin dışsal 100 μM ABA uygulamasıyla kısmen düzeldiğini göstermiştir.

Işık sinyali ile ABA katabolizmasının etkileşimi de olgunlaşmanın kontrolünde önemli görünmektedir. Sun ve ark. (2024), mavi ışığın FaCRY1→FaAGO4 ekseni üzerinden *FaCYP707A4* promotörünün metilasyonunu artırarak ABA yıkımını baskıladığını ve böylece olgunlaşmayı hızlandırdığını raporlamıştır. Li ve ark. (2023), akenlerin çıkarıldığı meyvelere 500 μM ABA enjeksiyonunun renklenmeyi hızlandırdığını; NAA uygulamasının ise olgunlaşmayı baskıladığını göstermiştir. Hou ve ark. (2021) ise PYR/PYL–PP2C etkileşimlerinin ABA sinyalinin ince ayarında rol oynadığını ve bu sinyal ağının olgunlaşma eşiğinde yeniden düzenlendiğini bildirmiştir.

Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, absisik asidin yalnızca olgunlaşma ve kaliteyi değil, aynı zamanda bitkilerin çevresel streslere karşı geliştirdiği adaptif yanıtları da koordine eden çok boyutlu bir düzenleyici olduğu görülmektedir. ABA, meyve dokularında oksin ve giberellinlerle çapraz etkileşim içinde büyümeyi dengelemekte; antosiyanin birikimi, hücre duvarı yumuşaması ve şeker metabolizması gibi temel fizyolojik süreçleri yönetmektedir. Bu nedenle ABA'nın hem genetik düzeyde hem de uygulamalı yetiştiricilik pratiklerinde kontrol edilmesi, yumuşak meyve türlerinde raf ömrü, stres dayanımı ve kalite iyileştirmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Etilen

Oda sıcaklığında gaz halinde bulunan ve bilinen tek gaz formundaki bitki hormonu olan etilen, bitkilerde büyüme, gelişme ve özellikle meyve olgunlaşması süreçlerinde kritik bir düzenleyici olarak görev yapmaktadır. Etilen, bu süreçlerde etkin genlerin ekspresyonunu düzenleyerek fizyolojik

yanıtların oluşmasını sağlamaktadır. Etilen biyosentezi üzerine yapılan moleküler çalışmalar da oldukça kapsamlıdır. Li ve ark. (2025), *Rubus idaeus* üzerine yaptığı çalışmada *RiACS1* geninin etilen biyosentezinde merkezi bir role sahip olduğunu ve genin yüksek ekspresyonunun meyve olgunlaşmasını hızlandırdığını göstermiştir.

Transkripsiyon faktörleri düzeyinde yapılan çalışmalar, etilenin olgunlaşma ve stres yanıtlarıyla ilişkili karmaşık sinyal ağlarını da ortaya koymaktadır. Zhang ve ark. (2022), ERF gen ailesini analiz etmiş; *FaERF316* ve *FaERF118*'in olgunlaşma üzerinde karşıt etkiler gösterdiğini ve ABA yanıtı ile etilen sinyali arasındaki etkileşime işaret ettiğini raporlamıştır. Peng ve ark. (2024), *FaERF2*'nin savunma yanıtlarındaki fonksiyonunu incelemiş ve Botrytis cinerea'ya karşı direncin, aşırı ifade veya susturma hatlarında β-1,3-glukanaz aktivasyonu ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, etilen ve ABA etkileşimlerinin ahududu olgunlaşmasının temel belirleyicileri arasında yer aldığını göstermektedir.

Etilen, yalnızca olgunlaşmayı kontrol etmekle kalmayıp depolama dayanıklılığı, aroma profili ve doku sertliği gibi kalite parametrelerini de etkilemektedir. Tosetti ve ark. (2020), çilekte etilen ve 1-MCP uygulamalarının gelişim evresine bağlı farklı sonuçlar verdiğini bildirmiş; ethephon'un beyaz evrede antosiyanini artırdığı, kırmızı evrede ise uçucu esterleri yükselttiği; 1-MCP'nin ise ester üretimi ve bazı olgunlaşma parametrelerini azalttığı belirtilmiştir. Monsalve ve ark. (2022), 'Heritage' ahududusunda olgunlaşma ve depolama sırasında endojen etilen üretimi ile sertlik kaybı arasında negatif bir ilişki olduğunu göstermiş; 1-MCP uygulamasının etilen üretimini ve yumuşamayı geçici olarak geciktirdiğini, ancak etkinin sıcaklığa bağlı olarak değiştiğini (10 °C'de belirgin, 0 °C'de sınırlı) raporlamıştır.

Hasat sonrası fizyolojik yanıtlar açısından yapılan çalışmalar da etilenin önemini vurgulamaktadır. Fatchurrahman ve ark. (2022), 0–7 °C'de depolanan meyvelerde etilen üretimi, sertlik, SÇKM ve fenolik bileşikler gibi parametrelerin olgunlaşma ve dayanıklılık üzerinde doğrudan etkili olduğunu belirterek etilenin kalite yönetimindeki rolünü ortaya koymuştur. Goji berry'de etilen uygulamasının, hasat sonrası çevresel koşulların kalite üzerine etkisini optimize etmek için kritik olduğu vurgulanmıştır.

Sriti ve ark. (2025), üç böğürtlen çeşidinin soğukta depolama sırasında kalite dinamiklerini incelemiş; çeşitler arasında belirgin farklılıklar

bulunduğunu, uzun soğuk zincir ve geniş raf ömrü gerektiren tedarik zincirleri için uygun seçenekler sunduğunu bildirmiştir. Hasat sonrası kalite yönetimine yönelik alternatif uygulamaları inceleyen Gimeno ve ark. (2021), UV-C ışığı ile modifiye atmosfer paketlemenin (MAP) 4 kJ m^{-2} UV-C + uygun MAP film kombinasyonu altında çürüme ve kütle kaybını azalttığını, biyoaktif bileşenleri ise yüksek düzeyde koruduğunu göstermiştir. Benzer şekilde Acharya ve Nambeesan (2025), etilen uygulamasının sakkaroz, glukoz ve fruktoz metabolizmasını uyararak antosiyanin birikimini artırdığını ve olgunlaşmayı hızlandırdığını belirtmiştir.

SONUÇ

Bu çalışma, bitki büyüme düzenleyicilerinin doku kültürü, sürgün gelişimi, köklenme performansı ve meyve kalitesi üzerindeki etkilerini çok yönlü bir bakış açısıyla ele alarak, hem temel bilim hem de uygulamalı tarım açısından kapsamlı bir değerlendirme sunmuştur. Özellikle giberellinler, oksinler ve sitokininler gibi temel hormon gruplarının biyosentezi, etki mekanizmaları ve bitki dokularında oluşturduğu fizyolojik yanıtlar incelenmiş; bu hormonların hücre bölünmesi, uzaması, morfogenez ve farklılaşma süreçlerindeki kritik rolleri sistematik olarak ortaya konmuştur. Üzümsü meyve türleri özelinde yapılan değerlendirmelerde ise büyüme düzenleyicilerinin meyve gelişimi, verim artışı, fenolik bileşikler, antioksidan kapasite ve fizyolojik kalite parametreleri üzerinde belirleyici olduğu belirlenmiştir. Bitkilerin çevresel koşullara, stres faktörlerine ve farklı hormon kombinasyonlarına verdiği yanıtların değişkenlik göstermesi, bu tür çalışmaların kontrollü ve optimize edilmiş koşullarda yürütülmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Elde edilen bulgular, bitki büyüme düzenleyicilerinin doğru konsantrasyon ve kombinasyonlarda kullanılmasının hem in vitro çoğaltım çalışmalarında hem de tarımsal üretim süreçlerinde önemli avantajlar sağladığını göstermektedir. Genel olarak, bu değerlendirme bitki hormonlarının bilimsel, teknolojik ve üretim odaklı kullanımlarına dair güçlü bir bilgi temeli sunmakta; ilerleyen araştırmalar için hem moleküler hem de uygulamalı düzeyde yeni çalışma alanları oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

Abohatem, M., Al-Qubati, Y. Ve Abohatem, H. (2024). In vitro proliferation for shoot tip and nodal explants of *Rosa canina*. *Journal of Amran University*, *4*(8), 8.

Acharya, T. P. ve Nambeesan, S. U. (2025). Ethylene-releasing plant growth regulators promote ripening initiation by stimulating sugar, acid and anthocyanin metabolism in blueberry (*Vaccinium* ashei). *BMC Plant Biology*, *25*(1), 766.

Adak, N. (2011). Studies on determining the approprite hormone concentrations on meristem culture of some strawberry (*Fragaria* spp.) cultivars. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(2): 341-344.

Adak, N., Kaynak, L., Pekmezci, M. ve Gübbük, H. (2009). The effect of various hormone types on in vitro propagation of strawberry (cv. 'Camarosa'). *Acta Horticulturae, 829*, 305–308.

Ahmed, M. E. M., El-Latif, A. A. A., Al-Ballat, I. A. ve Salah, S. E. (2017). Effect Of Gıbberellıc Acıd Concentratıons And Runners'removal Rates On Yıeld And Qualıty Of Frıgo Strawberry Plantatıons. *Menoufia Journal of Plant Production*, *2*(5), 395-406.

Ahmed, M. E. S. A. E. N., Elaziem, A. Ve Abd Elaziem, T. M. (2022). In vitro regeneration and improving kaempferol accumulation in blackberry (*Rubus fruticosus* L.) callus and suspension cultures. *Egyptian Journal of Chemistry*, *65*(12), 369-383.

Álvarez, F., Moya, M., Rivera-Mora, C., Zúñiga, P. E., Jara-Cornejo, K., Muñoz, P. ve Fuentes, L. (2023). Abscisic acid synthesis and signaling during the ripening of raspberry (*Rubus idaeus* 'Heritage') fruit. *Plants*, *12*(9), 1882.

Bai, Q., Huang, Y. ve Shen, Y. (2021). The physiological and molecular mechanism of abscisic acid in regulation of fleshy fruit ripening. Frontiers in *Plant Science*, 11.

Baktır, İ. (2015). Hormonlar. *Hasad yayıncılık*

Balaguera-López, H. E., Fischer, G. Ve Magnitskiy, S. (2020). Seed-fruit relationships in fleshy fruits: role of hormones. a review. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 14(1).

Chung, S. W., Yu, D. J., Oh, H. D., Ahn, J. H., Huh, J. H. Ve Lee, H. J. (2019). Transcriptional regulation of abscisic acid biosynthesis and signal transduction, and anthocyanin biosynthesis in 'Bluecrop'highbush blueberry fruit during ripening. *PLoS One*, *14*(7).

Cromie, J., Cullen, R. P., Azevedo, C. F., Ferrão, L. F. V., Enciso-Rodriguez, F., Benevenuto, J. ve Muñoz, P. R. (2025). Genomic prediction and association analyses for breeding parthenocarpic blueberries. *Horticulture Research*, 12(7).

Çabuk, G. ve Çekiç, Ç. (2023). Farklı IBA Dozlarının Bazı Dut Türlerinin Odun Çeliklerinde Köklenme Performansı Üzerine Etkileri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 12(3), 260-267.

Çakmakçı, A., Karakoyun, M. ve Erdem, S. Ö. (2024). The Effect of Treated Wastewater Levels on the Rooting of Blackberry (*Rubus fruticosus* L.) Green Cuttings. *Black Sea Journal of Agriculture*, 7(3), 249-256.

Çezik, F., Çekiç, Ç., Yıldız, K., Karadağ, H. ve Öcalan, O. N. (2022). Açık ve Karanlık Koşulların Karadut (Morus nigra L.) Odun Çeliklerinin Kök Gelişimi Üzerine Etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *10*, 2718-2721.

Çiğdem, M. R., Donat, A., Dinçer, E., Yıldız, K. ve Öcalan, O. N. (2022). IBA ve Paclobutrazol Uygulamaları Böğürtlen Çeliklerinin Köklenme Performansına Etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *10*, 2713-2717.

Da Silva, I. A. O. ve Biasi, L. A. (2022). Double-phase culture medium and plant growth regulators in the micropropagation of blackberries. *Comunicata Scientiae*, 13, 1-7.

Davoudi Pahnekolayi, M., Samiei, L., Tehranifar, A. ve Shoor, M. (2015). The effect of medium and plant growth regulators on micropropagation of Dog rose (*Rosa canina* L.). *Journal of Plant Molecular Breeding*, *3*(1), 61-71.

Diga, A. (2021). Enhancing Mulberry (*Morus alba*, Linn.) Canopy Regrowth using Gibberelic Acid (GA3) and height Pruning Techniques. *International Journal of Research and Technology in Agriculture and Fisheries*.

Fatchurrahman, D., Amodio, M. L. ve Colelli, G. (2022). Quality of goji berry fruit (*Lycium barbarum* L.) stored at different temperatures. *Foods*, *11*(22), 3700.

Fidelibus, M. W., Petracek, P. D. ve McArtney, S. J. (2022). Jasmonic acid activates the fruit-pedicel abscission zone of 'thompson seedless' grapes, especially with co-application of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. Plants, 11(9), 1245.

Figiel-Kroczyńska, M., Krupa-Małkiewicz, M. ve Ochmian, I. (2022). Efficient micropropagation protocol of three cultivars of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *50*(4), 12856-12856.

Gadzinowska, J., Dziurka, M., Ostrowska, A., Hura, K. ve Hura, T. (2020). Phytohormone synthesis pathways in sweet briar rose (*Rosa rubiginosa* L.) seedlings with high adaptation potential to soil drought. *Plant Physiology and Biochemistry*, *154*, 745-750.

Gerçekcioğlu, R., Soylu, A. Ve Bilgener, Ş. (2012). Genel Meyvecilik: Meyve Yetiştiriciliğinin Esasları. *Nobel Akademik Yayıncılık*. ISBN 978-605-133-253-6

Grigoriadou, K., Tanou, G., Karapatzak, E., Papanastasi, K., Koularmanis, K., Tsaroucha, I. Ve Maloupa, E. (2023). Enhancing the propagation and cultivation framework of Greek *Rosa canina* L. germplasm via sustainable management techniques. *Agronomy*, *14*(1), 25.

Hajam, M. A., Hassan, G. I., Bhat, T. A., Bhat, I. A., Rather, A. M., Parray, E. A., Wani, M. A. ve Khan, I. F. 2017. Understanding plant growth regulators, their interplay: For nursery establishment in fruits. *International Journal of Chemical Studies*, 5(5): 905-910.

Hajyzadeh, M. (2022). Application of multiple strategies to efficiently break seed dormancy of permanently odd pentaploid rose hip (*Rosa canina* L.) under in vitro conditions. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences, 6*(3), 471–479.

Hou, B. Z., Chen, X. H. ve Shen, Y. Y. (2021). Interactions between strawberry ABA receptor PYR/PYLs and protein phosphatase PP2Cs on basis of transcriptome and yeast two-hybrid analyses. *Journal of plant growth regulation*, *40*(2), 594-602.

Hu, L., Wang, X., Liu, H., Wu, Y., Wu, W., Lyu, L. ve Li, W. (2023). Mechanisms of exogenous GA3-induced inhibition of seed development in southern highbush blueberry (*Vaccinium darrowii*). *Scientia Horticulturae*, *322*, 112430.

İpek, M., Arıkan, Ş., Eşitken, A. ve Pırlak, L. (2018). Bitki gelişimini artırıcı rizobakterilerin "Heritage" ahududu (*Rubus idaeus* L.) çeşidinde bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesi üzerine etkisi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, *28*(1), 42-48.

İşbilir, M. E., Saraçoğlu, O., Dinçer, E., Donat, A. ve Al-Salihi, A. A. M. (2022). Paclobutrazol Uygulamalarının Karadut (Morus nigra L.) Odun Çeliklerinin Köklenme Performansı Üzerine Etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *10*, 2722-2724.

Jakab, Z. I., Vlași, L. D. ve Chiorean, A. M. (2022). Behaviour of several chokeberry cultivars (*Aronia melanocarpa*) at the in vitro micropropagation.

Jia, H., Shi, Y., Dai, Z., Sun, Y., Shu, X., Li, B. ve Chen, K. (2025). Phosphorylation of the strawberry MADS-box CMB1 regulates ripening via the catabolism of abscisic acid. *New Phytologist*, *246*(4), 1627-1646.

Kacar, B. (2015). Genel Bitki Fizyolojisi. *Nobel Akademik Yayıncılık*. ISBN 978-6053201489

Karakoyun, M. ve Öztürk Erdem, S. (2023). The Effect of Different Irrigation Water pH on Root and Shoot Development in Mulberry Green Cuttings. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, *7*(2), 255–262.

Kefayetı, S., Kafkas, E. ve Ercişli, S. (2019). Micropropagation of' 'Chester thornless' blackberry cultivar using axillary bud explants. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *47*(1).

Khatri, P. ve Joshee, N. (2024). Effect of Picloram and Desiccation on the Somatic Embryogenesis of *Lycium barbarum* L. *Plants*, *13*(2), 151.

Kim, C. ve Dai, W. (2020). Plant regeneration of red raspberry (*Rubus idaeus*) cultivars 'Joan J'and 'Polana'. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 56(3), 390-397.

Le, K. C., Johnson, S., Aidun, C. K. ve Egertsdotter, U. (2023). In vitro propagation of the blueberry 'blue suede™'(*Vaccinium hybrid*) in semi-solid medium and temporary immersion bioreactors. *Plants*, *12*(15), 2752.

Li, B. J., Shi, Y. N., Jia, H. R., Yang, X. F., Sun, Y. F., Lu, J. ve Chen, K. S. (2023). Abscisic acid mediated strawberry receptacle ripening involves the interplay of multiple phytohormone signaling networks. *Frontiers in plant science*, *14*, 1117156.

Li, B. J., Shi, Y. N., Xiao, Y. N., Jia, H. R., Yang, X. F., Dai, Z. R. ve Chen, K. S. (2024). Auxın Response Factor 2 mediates repression of strawberry receptacle ripening via auxin-ABA interplay. *Plant Physiology*, *196*(4), 2638-2653.

Li, T., Dai, Z., Zeng, B., Li, J., Ouyang, J., Kang, L. ve Jia, W. (2022). Autocatalytic biosynthesis of abscisic acid and its synergistic action with auxin to regulate strawberry fruit ripening. *Horticulture research*, *9*, uhab076.

Li, T., Xin, W., Zhang, H., Jiang, J., Ding, K., Liu, M. ve Yang, G. (2025). Rubus idaeus RiACS1 Gene Is Involved in Ethylene Synthesis and Accelerates Fruit Ripening in Solanum lycopersicum. *Agronomy*, *15*(1), 164.

Li, W., Wang, B., Sun, H. ve Zhang, Z. (2021). Transcriptome profiling of runner formation induced by exogenous gibberellin in Fragaria vesca. *Scientia Horticulturae*, *281*, 109966.

Liao, X., Li, M., Liu, B., Yan, M., Yu, X., Zi, H. Ve Yamamuro, C. (2018). Interlinked regulatory loops of ABA catabolism and biosynthesis coordinate fruit growth and ripening in woodland strawberry. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *115*(49), E11542-E11550.

Lin, S. Y. ve Agehara, S. (2021). Budbreak patterns and phytohormone dynamics reveal different modes of action between hydrogen cyanamide- and defoliant-induced flower budbreak in blueberry under inadequate chilling conditions. *Plos One* 16.

Lin, Y., She, M., Zhao, M., Yu, H., Xiao, W., Zhang, Y. Ve Luo, Y. (2024). Genome-wide analysis and functional validation reveal the role of late embryogenesis abundant genes in strawberry (*Fragaria× ananassa*) fruit ripening. *BMC genomics*, *25*(1), 228.

Loshyna, L., Bulko, O. ve Kuchuk, M. (2022). Adventitious regeneration of blackberry and raspberry shoots and the assessment of the LED-lighting impact. *Zemdirbyste-Agriculture*, *109*(1).

Ma, F., Liang, Y., Meng, F., Yang, P., Guo, C., Shi, H. ve Zhan, X. (2025). The LbNAM2-LbZDS module enhances drought resistance in wolfberry (*Lycium barbarum*) by participating in ABA biosynthesis. *The Plant Journal*, *121*(6), e70077.

Manole, C. G., Balan, V., Mencinicopschi, I. C., Golea, D., Rodino, S. ve Butu, A. (2012). The influence of growth regulators concentrations on in vitro micropropagation of *Ribes rubrum* species.

Martín-Pizarro, C., Vallarino, J. G., Osorio, S., Meco, V., Urrutia, M., Pillet, J. ve Posé, D. (2021). The NAC transcription factor FaRIF controls fruit ripening in strawberry. *The Plant Cell*, *33*(5), 1574-1593.

Monsalve, L., Bernales, M., Ayala-Raso, A., Álvarez, F., Valdenegro, M., Alvaro, J. E. ve Fuentes, L. (2022). Relationship between endogenous ethylene production and firmness during the ripening and cold storage of raspberry (Rubus idaeus 'Heritage') Fruit. *Horticulturae*, *8*(3), 262.

Mullo, F., Kornatsky, S., Semenova, N. ve Romanova, E. (2023). Induction of direct organogenesis in Blackberry (Rubus fruticosus L.) using leaf explants. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 371, p. 01090). EDP Sciences.

Öztürk Erdem S., Çekiç Ç., Saraçoğlu O. ve Yıldız K. (2016). Jumbo Böğürtlen (*Rubus fruticosus* L.) Çeşidinin Odun Çeliklerinde Farklı IBA Doz ve Uygulama Yöntemlerinin Köklenme Üzerine Etkileri. *BAHÇE (Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*), 45(2), 93-99.

Passey, A.J., Barrett, K.J. ve James, D.J. (2003). Adventitious shoot regeneration from seven commercial strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa* Duch.) using a range of explant types. *Plant Cell Rep*., 21: 397-401.

Pech, J., Purgatto, E., Bouzayen, M. ve Lachaux, A. (2018). Ethylene and fruit ripening. *Annual Plant Reviews Online*, 275-304.

Peng, Y., Liang, M., Zhang, X., Yu, M., Liu, H., Cheng, Z. ve Xiong, J. (2024). FaERF2 activates two β-1, 3-glucanase genes to enhance strawberry resistance to Botrytis Cinerea. *Plant Science*, *347*, 112179.

Qiao, H., Wu, W., Zhang, Y., Kong, Q., Chen, H., Wang, L. ve Gao, H. (2024). Impact of abscisic acid treatment on postharvest storage quality and volatile flavor substances in blueberries. *eFood*, *5*(3), e148.

Qin, X., Yin, Y., Zhao, J., An, W., Fan, Y., Liang, X. ve Cao, Y. (2022). Metabolomic and transcriptomic analysis of Lycium chinese and L. ruthenicum under salinity stress. *BMC plant biology*, *22*(1), 8.

Ramírez, H., González-Escobar, J. C., Cabrera, R. I., Jasso-Cantú, D., Zermeño-González, A., Hernández-Pérez, A. ve Espinosa-Vázquez, M. (2025). Gibberellins A4/7, 6-Benzylaminopurine and Prohexadione Calcium Modify Growth, Development and Quality of Raspberry. *International Journal of Plant & Soil Science*, *37*(1), 178-193.

Rathod, K. D., Ahlawat, T. R., Kumar, S., Sarkar, M. ve Chakraborty, B. (2021). Effect of plant growth regulators on growth, yield and quality of strawberry (*Fragaria X ananassa* duch.) cv. winter dawn under open field conditions of South Gujarat. *Agricultural Science Digest-A Research Journal*, *41*(2), 323-333.

Regmi, S., Puri, C. ve Shah, K. (2022). Iba Impact at Different Dose on Mulberry Cutting (*Morus alba*). *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*, 9(3), 253-257.

Rodrigues, L. S., Cardoso, C. P., Savazaki, E. T., Kim, S. C. R., Mimi, C. O., De-la-Cruz-Chacón, I. ve Ferreira, G. (2025). Exogenous Gibberellic Acid (GA_3) and Benzylaminopurine Enhance the Antioxidant Properties of *Vaccinium corymbosum* L. 'Biloxi' Fruits Without Affecting Yield. *International Journal of Molecular Sciences*, *26*(16), 7984.

Saif, M. I. ve Mohamed, F. H. (2023). Influence of Plant Growth Regulators and Dark Pretreatment on Shoot Proliferation, Rooting and Acclimatization of Thorny Blackberry. *Egyptian Journal of Horticulture*, *50*(2), 135-148.

Samaan, M. S. F. (2022). Micropropagation of Blackberry (*Rubus fruticosus*.) cv. Karaka Black. *Egyptian Journal of Horticulture*, *49*(2), 187-198.

Samiei, L., Davoudi Pahnehkolayi, M., Tehranifar, A. ve Karimian, Z. (2021). Organic and inorganic elicitors enhance in vitro regeneration of Rosa canina. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, *19*(1), 60.

Samuels, L. J., Setati, M. E. ve Blancquaert, E. H. (2022). Towards a better understanding of the potential benefits of seaweed based biostimulants in *Vitis vinifera* L. cultivars. *Plants*, *11*(3), 348.

Shen, J., Liu, J., Yuan, Y., Chen, L., Ma, J., Li, X. ve Li, J. (2022). The mechanism of abscisic acid regulation of wild Fragaria species in response to cold stress. *BMC genomics*, *23*(1), 670.

Silvestri, C., Sabbatini, G., Marangelli, F., Rugini, E. ve Cristofori, V. (2018). Micropropagation and ex vitro rooting of Wolfberry. *HortScience*, *53*(10), 1494-1499.

Singh, A.K. ve Pandey, S.N. (2004). Genotypic variation among strawberry cultivars for shoot organogenesis. *Acta Hortic*., 662: 277-280.

Sriti, N., Sargent, S., Deng, Z., Williamson, J. ve Liu, G. (2025). Postharvest Quality and Shelf Life of Three Thornless Blackberry Cultivars over Two Seasons. *Horticulturae*, *11*(9), 1071.

Sun, J., Dou, H., Chen, H., Wang, Y., Wang, T., Quan, J. E. ve Bi, H. (2023). Physicochemical response plant growth regulator in the cutting process of mulberry. *Horticulturae*, *9*(9), 1006.

Sun, Y., Yang, X., Wu, R., Lv, S., Li, Y., Jia, H. ve Chen, K. (2024). DNA methylation controlling abscisic acid catabolism responds to light to mediate strawberry fruit ripening. *Journal of Integrative Plant Biology*, *66*(8), 1718-1734.

Şener, S. ve Kurt, Z. (2022). BAP ve IBA'nın Boysenberry'nin In Vitro Sürgün Çoğalması ve Köklenmesi Üzerine Etkileri. *COMU Journal of Agriculture Faculty/ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1).

Taha, R. A. (2022). Micropropagation protocol for Goji plant (*Lycium barbarum* L.).

Tian, Y., Xin, W., Lin, J., Ma, J., He, J., Wang, X. ve Tang, W. (2022). Auxin coordinates achene and receptacle development during fruit initiation in Fragaria vesca. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 929831.

Topçu, H. (2022). Optimal propagation and rooting mediums in rubus spp. by in vitro micropropagation. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research,* 6(3), 205-217.

Tosetti, R., Elmi, F., Pradas, I., Cools, K. ve Terry, L. A. (2020). Continuous exposure to ethylene differentially affects senescence in receptacle and achene tissues in strawberry fruit. *Frontiers in plant science*, *11*, 174.

Wang, Y., Zhang, X., Jiang, Z., Yang, X., Liu, X., Ou, X. ve Chen, R. (2023). Establishment and optimization of micropropagation system for southern highbush blueberry. *Horticulturae*, *9*(8), 893.

Wu, H., Li, H., Chen, H., Qi, Q., Ding, Q., Xue, J. ve Li, Y. (2019). Identification and expression analysis of strigolactone biosynthetic and signaling genes reveal strigolactones are involved in fruit development of the woodland strawberry (*Fragaria vesca*). *BMC plant biology*, *19*(1), 73.

Yang, H., Han, T., Wu, Y., Lyu, L., Wu, W. ve Li, W. (2023). Abscisic Acid Synthesis and Signaling during the Ripening of Raspberry (*Rubus idaeus* 'Heritage') Fruit. *Plants, 12*(9), 1882.

Yang, H., Han, T., Wu, Y., Lyu, L., Wu, W. ve Li, W. (2023). Quality analysis and metabolomic profiling of the effects of exogenous abscisic acid on rabbiteye blueberry. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1224245.

Yang, J., Song, J. ve Jeong, B. R. (2024). Flowering and runnering of seasonal strawberry under different photoperiods are affected by intensity of supplemental or night-interrupting blue light. *Plants*, *13*(3), 375.

Yue, X., Shi, P., Tang, Y., Zhang, H., Ma, X., Ju, Y. ve Zhang, Z. (2020). Effects of methyl jasmonate on the monoterpenes of muscat hamburg grapes and wine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(9).

Zenginbal, H. ve Gündoğdu, M. (2020). Böğürtlen (*Rubus fructicosus* L.) odun çeliklerinde çelik çapı ve indol butirik asit (IBA) dozlarının köklenmeye etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi,* 6(3), 382-388.

Zhang, C., Wu, Y., Xiong, Z., Li, W. ve Wu, W. (2021). ABA accelerates blackberry (Rubus spp.) fruit ripening by positively affecting ripening-related gene expression and metabolite profiles. *Journal of Berry Research*, *11*(4), 705-720.

Zhang, Y., Guo, C., Deng, M., Li, S., Chen, Y., Gu, X. ve Tang, H. (2022). Genome-wide analysis of the ERF family and identification of potential genes involved in fruit ripening in octoploid strawberry. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(18), 10550.

Zhang, Y., Wang, S., Wang, X., Qian, T., Sun, Y., Jaudal, M. ve Xie, X. (2025). FaMADS6 negatively regulates anthocyanin accumulation in strawberry by inhibiting FaMYB10 expression and ABA biosynthesis. *Horticultural Plant Journal*.

Zhao, Y., Brummell, D. A., Lin, Q. ve Duan, Y. (2024). Abscisic acid treatment prolongs the postharvest life of strawberry fruit by regulating sucrose and cell wall metabolism. *Food Bioscience*, *59*, 104054.

Zhou, J., Sittmann, J., Guo, L., Xiao, Y., Huang, X., Pulapaka, A. ve Liu, Z. (2021). Gibberellin and auxin signaling genes RGA1 and ARF8 repress accessory fruit initiation in diploid strawberry. *Plant physiology*, *185*(3), 1059-1075.

BÖLÜM 4

MEYVE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE BİOCHAR, HYDROCHAR VE PYROCHAR UYGULAMALARI: GÜNCEL BİR DEĞERLENDİRME

Doç. Dr. Ferit SÖNMEZ[1]* Aslı TORUN[6]

DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18117406

[6] * Bolu Abant Izzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Bolu, Türkiye *Sorumlu yazar, sonmezferit@ibu.edu.tr

1. GİRİŞ

Küresel nüfus artışı ve iklim değişikliği ile tarım sistemleri, gıda güvenliğini sağlama noktasında benzeri görülmemiş bir baskı altına girmiştir. Bu bağlamda, bahçecilik sektörünün önemli bir kolu olan meyve yetiştiriciliği, yüksek kaliteli ve besleyici gıda arzı için kritik bir role sahiptir. Ancak, geleneksel meyve yetiştiricilik uygulamaları, uzun vadede sürdürülebilir olmayan bir dizi ciddi zorlukla karşı karşıyadır. Yoğun tarım, toprak organik maddesinin azalmasına, toprak yapısının bozulmasına ve erozyona yol açmakta, bu da toprak sağlığını ve verimliliğini tehdit etmektedir (Lehmann & Joseph, 2015). Aşırı ve dengesiz kimyasal gübre kullanımı ise toprak kirliliğine, yeraltı sularının nitratla kirlenmesine ve ötrofikasyona neden olurken; pestisit bağımlılığı toprak biyoçeşitliliğine ve ekosistem dengesine zarar vermektedir. Ayrıca, artan su kıtlığı ve düzensiz yağış rejimleri, özellikle suya hassas dönemleri olan meyve türleri için sulama yönetimini giderek daha zorlu hale getirmektedir (Mukherjee & Lal, 2014).

Bu karmaşık sorunlar ışığında, tarımsal üretkenliği artırırken aynı anda çevresel ayak izini azaltacak sürdürülebilir ve verimli bahçecilik stratejilerine olan ihtiyaç her geçen gün daha da acil bir hal almaktadır. Sürdürülebilir tarım paradigması, kimyasal girdileri minimize eden, toprak sağlığını iyileştiren ve kaynak kullanım etkinliğini artıran yenilikçi yaklaşımları ön plana çıkarmaktadır. İşte bu noktada, atık biyokütlelerin termokimyasal dönüşümü ile elde edilen ve karbonca zengin malzemeler olan biochar, hydrochar ve pyrochar, son yıllarda hem bir atık yönetim stratejisi hem de güçlü bir toprak düzenleyici olarak büyük ilgi görmektedir (Sohi et al., 2010).

Bu karbonlu malzemeler, toprak fizikokimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde olumlu etkiler yapma potansiyeline sahiptir. Örneğin, toprağın su tutma kapasitesini artırarak kuraklık stresini hafifletebilmekte, yüksek katyon değişim kapasitesi (KDK) sayesinde besin elementlerini tutarak gübre kullanım etkinliğini iyileştirebilmekte ve gözenekli yapısı ile faydalı mikroorganizmalar için habitat oluşturabilmektedir (Lehmann et al., 2011). Meyve yetiştiriciliği gibi çok yıllık sistemlerde, bu etkiler kök gelişimini, bitki besin alımını, dolayısıyla da meyve verimini ve kalitesini doğrudan olumlu yönde etkileyebilir.

Bu derlemenin temel amacı, bahçecilikte meyve yetiştiriciliğinde biochar, hydrochar ve pyrochar uygulamalarının etkilerini, birbirlerine kıyasla avantaj ve dezavantajlarını ve sektör için gelecek potansiyelini kapsamlı ve karşılaştırmalı bir şekilde değerlendirmektir. Çalışmanın kapsamı, söz konusu malzemelerin;

Toprağın fiziksel (doku, hacim ağırlığı, su tutma), kimyasal (pH, KDK, organik madde, besin içeriği) ve biyolojik (mikrobiyal biyokütle ve çeşitlilik) özellikleri,

Meyve bitkilerinin büyüme parametreleri, verimi ve kalite kriterleri,

Bitkilerin besin elementi alımı ve kullanım etkinliği,

Abiyotik stres faktörlerine (kuraklık, tuzluluk) karşı tolerans mekanizmaları üzerindeki etkilerini ortaya koyan güncel araştırma bulgularını sistematik bir şekilde bir araya getirmek ve sentezlemektir.

2. MEYVE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KARŞILAŞILAN TOPRAK SORUNLARI

Meyve yetiştiriciliği, iklim, toprak özellikleri ve yönetim uygulamalarının etkileşimiyle yüksek ekonomik değere sahip bir tarımsal üretim dalıdır. Ancak artan yoğun tarım, yanlış sulama, kimyasal gübre ve pestisit kullanımı ile birlikte toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde önemli bozulmalar gözlenmektedir (Nguyen et al., 2024). Meyve bahçelerinde toprak sağlığının korunması; su ve besin döngüsünün dengede tutulması, kök gelişiminin desteklenmesi ve sürdürülebilir verimin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir (Huang, 2025). Bu derlemede meyve yetiştiriciliğinde karşılaşılan temel toprak sorunları, bu sorunların üretime etkileri ve son yıllarda önerilen yönetim yaklaşımları incelenmiştir. Son dönem araştırmalar, meyve bahçelerinde en sık karşılaşılan toprak sorunlarını tuzluluk, organik madde kaybı, toprak sıkışması, erozyon, su yönetimi bozuklukları, besin element dengesizlikleri, toprak kaynaklı patojenler ve ağır metal kirliliği olarak tanımlamaktadır (Niu, 2021; Pastrana et al., 2023; Alcón-Bou et al., 2025). Tuzluluk özellikle turunçgil ve narenciye bahçelerinde yaygın olup, yüksek Na^+ ve Cl^- iyonlarının kök büyümesini, besin alımını ve su kullanımını olumsuz etkilediği belirtilmiştir (Alcón-Bou et al., 2025). Organik madde azalması, toprak biyolojik aktivitesinin düşmesine ve besin mineralizasyonunun zayıflamasına yol açarak verim ve meyve kalitesinde düşüşlere neden olmaktadır (Huang, 2025; Nguyen et al., 2024). Erozyon ve yüzey akışı, özellikle eğimli arazilerde bahçe topraklarının incelmesine, besin kaybına ve verim azalmasına yol açmaktadır (Niu, 2021).

Tablo 1. Meyve yetiştiriciliğinde ana toprak sorunları, belirtiler ve kısa etkileri

Sorun	**Tarla/bitki belirtileri**	**Meyve yetiştiriciliğine etkisi**	**Kaynak**
Tuzluluk / sodiklik	Yaprak kenarında yanma, büyüme geriliği	Verim ve meyve kalite düşüşü	Alcón-Bou et al., 2025
Organik madde azalması	Toprak yapısında bozulma, düşük su tutma	Uzun vadeli verim düşüşü	Huang, 2025; Nguyen et al., 2024
Sıkışma	Kök gelişimi sınırlı, su birikimi	Kök oksijensizliği, verim düşüşü	WSU; Hung et al., 2023
Erozyon	İnce toprak tabakası kaybı	Toprak derinliği azalması, verim kaybı	Niu, 2021
Toprak patojenleri	Kök çürümesi, ağaç zayıflığı	Rekolte kaybı	Pastrana et al., 2023

Literatür, meyve bahçesi topraklarının bozulmasının genellikle çok faktörlü olduğunu göstermektedir. Tuzluluk ve drenaj problemleri, uygun olmayan sulama yönetimiyle birleştiğinde, besin alımını ve mikrobiyal faaliyetleri azaltarak toprak verimliliğini düşürmektedir (Alcón-Bou et al., 2025). Organik madde içeriğinin azalması ise karbon döngüsünü zayıflatmakta, toprak yapısını bozmakta ve mikrobiyal çeşitliliği sınırlandırmaktadır (Huang, 2025).

Tablo 2. Yönetim seçenekleri, etki mekanizması ve literatürdeki kanıt

Yönetim	Mekanizma	Kaynak
Drenaj ve tuz yönetimi	Tuzları yıkar, su tablasını düşürür	Alcón-Bou et al., 2025
Organik madde (85ompost, biyokömür)	Toprak karbonu ve mikrobiyal aktiviteyi artırır	Huang, 2025; Ren et al., 2023
Yüzey örtüleri	Erozyonu azaltır, nemi korur	Niu, 2021
Damla sulama	Su kullanım etkinliği artar	Zhong et al., 2025
Patojen yönetimi	Solarizasyon ve biyokontrol	Pastrana et al., 2023; Bhatti et al., 2024

Meyve yetiştiriciliğinde toprak sağlığı, verim ve kaliteyi belirleyen temel unsurlardan biridir. Tuzluluk, organik madde kaybı, sıkışma ve patojen kaynaklı sorunlar üretim sistemlerinin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Uzun dönemli izleme sistemleri kurulmalı, organik madde yönetimi uygulanmalı ve su yönetimi iyileştirilmelidir.

3. TEMEL KAVRAMLAR VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Bahçecilik uygulamalarında kullanılan karbonca zengin malzemeleri anlamak için bunların kökenlerini, üretim süreçlerini ve temel karakteristiklerini net bir şekilde tanımlamak esastır. Bu bölüm, biochar, hydrochar ve pyrochar'ın temel kavramlarını, üretim mekanizmalarını ve birbirlerinden farklarını detaylandırmaktadır.

3.1. Biochar

Biochar, biyokütlenin (ağaç artıkları, pirina, saman, yeşil atıklar vb.) oksijen sınırlı veya tamamen oksijensiz (anaerobik) bir ortamda, genellikle 300-800°C sıcaklık aralığında termokimyasal olarak parçalanması (piroliz) sonucu elde edilen, karbon içeriği yüksek, gözenekli bir katı malzemedir (Lehmann & Joseph, 2015). Bu proses sırasında biyokütledeki uçucu bileşenler ayrışır ve geride, aromatik karbon yapılarından oluşan, fiziksel ve kimyasal olarak kararlı bir materyal kalır. Biochar'ın en dikkat çekici özelliklerinden biri, bu kararlı yapısından ötürü toprakta yüzlerce ila binlerce yıl bozunmadan kalabilmesi ve bu sayede uzun vadeli bir karbon yutağı (karbon sekestrasyonu) işlevi görmesidir (Wang et al., 2020). Ayrıca, yüksek spesifik yüzey alanı, gözenekliliği ve katyon değişim kapasitesi (KDK) gibi özellikleri, onu toprak sağlığını iyileştirmek için ideal bir aday haline getirir.

Çizelge 3: Piroliz Tiplerine Göre Biochar Özellikleri

Parametre	**Yavaş Piroliz**	**Hızlı Piroliz**	**Gazlaştırma**
Sıcaklık (°C)	350-600	400-800	750-1100
Isıtma Hızı	Düşük (5-10°C/dk)	Çok Yüksek (>200°C/dk)	Değişken
Temel Ürün	**Biochar**	Biyo-yağ	Sentez Gazı

Parametre	Yavaş Piroliz	Hızlı Piroliz	Gazlaştırma
Biochar Verimi	**Yüksek (%25-35)**	Düşük (%10-20)	Çok Düşük (%5-10)
Yüzey Alanı	Orta-Yüksek	Düşük-Orta	Değişken
Ana Uygulama	Toprak Islahı, Karbon Tutma	Enerji Üretimi	Enerji Üretimi
Kaynak	(Tomczyk et al., 2020)	(Yaashikaa et al., 2020)	(Ahmad et al., 2022)

3.2. Hydrochar

Hydrochar, biyokütlenin sub-kritik su (suyun buhar basıncının altında, genellikle 180-250°C aralığında) ve yüksek basınç (2-10 MPa) altında, kapalı bir reaktör sisteminde hidrotermal karbonizasyon (HTC) işlemine tabi tutulmasıyla sentezlenir (Libra et al., 2011). Bu proses, temel olarak doğal kömürleşme sürecinin taklit edilmiş halidir. HTC prosesinin en büyük avantajı, biyokütlenin ön kurutmaya ihtiyaç duyulmadan işlenebilmesidir; bu da hayvan gübresi, arıtma çamuru, gıda işleme atıkları ve diğer yüksek nem içerikli organik atıkların değerlendirilmesi için son derece uygundur ve önemli bir enerji tasarrufu sağlar (Kumar et al., 2020). Ancak, hydrochar'ın yapısal kararlılığı genellikle biochar'a kıyasla daha düşüktür ve toprakta daha hızlı bir şekilde ayrışma eğilimindedir. Ayrıca, üretim prosesine ve hammaddeye bağlı olarak yüzey alanı daha düşük, ancak oksijen içeren fonksiyonel gruplar (karboksil, hidroksil) bakımından daha zengin olabilir (Fang et al., 2018).

3.3. Pyrochar: Bir Terminoloji Netleştirmesi

"Pyrochar" terimi, akademik literatürde giderek daha sık kullanılan ve özellikle hidrotermal karbonizasyon ürünü olan "hydrochar" ile doğrudan bir karşılaştırma yapmak istendiğinde başvurulan bir terimdir. Pyrochar, tanım itibarıyla piroliz işlemiyle üretilen tüm karbonca zengin katı ürünleri kapsar (Nzediegwu et al., 2021). Bir başka deyişle, tüm pyrochar'lar biochar olarak sınıflandırılabilir, ancak "biochar" terimi daha geniş bir bağlamda kullanılma eğilimindedir. Bu derlemede, üretim metodolojisine vurgu yapmak ve hydrochar ile olan farklılıkları daha belirgin hale getirmek amacıyla, geleneksel piroliz yoluyla üretilen ürünler için "pyrochar" terimi kullanılacaktır.

Pyrochar'ın temel ayırt edici özelliği, kuru bir termokimyasal prosesle üretilmesi ve genellikle hydrochar'a kıyasla daha yüksek bir aromatiklik derecesi ve ekolojik stabilite sergilemesidir (Zhang et al., 2022).

Çizelge 4: Pyrochar ve Hydrochar'ın Karşılaştırmalı Özellikleri

Özellik	Pyrochar	Hydrochar
Üretim Prosesi	Piroliz	Hidrotermal Karbonizasyon (HTC)
Proses Koşulları	Kuru, Oksijensiz, 300-800°C	Sulu, Yüksek Basınç, 180-250°C
Uygun Biyokütle	Kuru biyokütle (nem <%20)	Yaş/Sulu biyokütle (nem >%50)
Enerji Gereksinimi	Yüksek (kurutma gerekir)	Düşük (kurutma gerekmez)
Ürün Kararlılığı	Çok Yüksek	Orta-Düşük
Karbon Tutma Potansiyeli	Yüksek	Orta
Ortalama Yüzey Alanı	Yüksek	Düşük-Orta
Oksijenli Fonksiyonel Gruplar	Daha Az	Daha Fazla
Hidrofobisite	Genellikle Yüksek	Genellikle Düşük
Ana Katkı Mekanizması	Uzun vadeli toprak yapısı iyileşimi, besin tutma	Daha kısa vadeli besin salınımı, organik madde kaynağı
Kaynak	(Kalus et al., 2019; Zhang et al., 2022)	(Kumar et al., 2020; Nzediegwu et al., 2021)

Özetle, hem pyrochar hem de hydrochar, biyokütle atıklarının değerlendirilmesi ve toprak sağlığının iyileştirilmesi için değerli ürünler olsa da, üretim prosesleri, fizikokimyasal özellikleri ve dolayısıyla toprak üzerindeki etki mekanizmaları ve etki süreleri belirgin farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar, bahçecilik uygulamalarında hangi malzemenin ne amaçla ve hangi koşullarda kullanılacağının seçiminde kritik öneme sahiptir.

4. MEYVE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE ETKİ MEKANİZMALARI VE FAYDALAR

Bahçecilikte karbon temelli toprak düzenleyicilerin değeri, toprak-bitki sistemi üzerinde gösterdikleri çok yönlü ve sinerjistik etkilerden kaynaklanmaktadır. Bu bölümde, biochar, hydrochar ve pyrochar uygulamalarının meyve yetiştiriciliği özelindeki etki mekanizmaları ve sağladığı agronomik faydalar detaylandırılmaktadır.

4.1. Toprak Fiziksel Özelliklerinin İyileştirilmesi

Meyve ağaçlarının sağlıklı ve derin bir kök sistemi geliştirmesi, büyük ölçüde toprağın fiziksel koşullarına bağlıdır. Bu malzemeler, yapısal olarak gelişmiş bir gözenek ağına sahiptir ve toprağa karıştırıldığında bu özelliklerini toprak matriksine aktarırlar. Yapılan birçok çalışma, biochar uygulamasının toprağın toplam gözenek hacmini ve makro gözenek oranını artırdığını, böylece kök bölgesindeki havalanmayı iyileştirdiğini ve kök solunumunu teşvik ettiğini göstermiştir (Blanco-Canqui, 2021). Aynı zamanda, mikro gözeneklerde tutulan su miktarını artırarak toprağın su tutma kapasitesini önemli ölçüde yükseltirler. Örneğin, zeytin bahçelerinde yapılan bir araştırmada, biochar uygulanan topraklarda su tutma kapasitesinin %18'e varan oranlarda arttığı tespit edilmiştir (Domènech et al., 2021). Bu durum, özellikle yaz aylarında yaşanan kurak periyotlarda sulama aralıklarının uzatılmasına ve su kullanım etkinliğinin artırılmasına olanak tanır. Ayrıca, partikül yapıları toprak agregat stabilitesini güçlendirerek, toprak sıkışmasını azaltır ve köklerin toprak içinde daha rahat yayılmasına imkan verir.

4.2. Toprak Kimyasal Özelliklerinin İyileştirilmesi

Bu malzemelerin toprak kimyası üzerindeki en belirgin etkilerinden biri, genellikle alkali karakterde olmalarından ötürü asidik toprakların pH'ını yükseltmeleridir. Bu durum, asidik topraklarda yetiştirilen elma veya üzüm gibi meyve türlerinde besin elementlerinin alınabilirliğini artırabilir (Shi et al., 2022). En önemli etki mekanizmalarından biri ise yüksek katyon değişim kapasitesi (KDK)'ne sahip olmalarıdır. Geniş yüzey alanları ve yüzey kimyası sayesinde amonyum (NH_4^+), potasyum (K^+), kalsiyum (Ca^{2+}) ve magnezyum

(Mg^{2+}) gibi pozitif yüklü besin iyonlarını güçlü bir şekilde tutarlar. Bu "besin süngeri" işlevi, gübrelerle uygulanan besinlerin yıkanarak kaybını azaltır, besin kullanım etkinliğini yükseltir ve bitkinin ihtiyaç duyduğu süre boyunca besinleri yavaşça serbest bırakır (Sarauer et al., 2019). Ayrıca, toprağa uzun ömürlü bir stabil karbon formu kazandırarak, toprak organik karbon stokunun artmasına ve organik madde içeriğinin iyileşmesine katkıda bulunurlar.

Çizelge 5: Karbon Temelli Malzemelerin Toprak Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri

Kimyasal Parametre	Etkisi	Örnek Çalışma Bulgusu	İlgili Kaynak
Toprak pH'sı	Asidik toprakları nötralize eder, alkali topraklarda etkisi sınırlıdır.	Narenciye bahçesinde biochar uygulaması toprak pH'sını 5.2'den 6.1'e yükseltmiştir.	(Shi et al., 2022)
Katyon Değişim Kapasitesi (KDK)	Yüzey alanı ve fonksiyonel gruplar sayesinde belirgin şekilde artırır.	Elma bahçesinde %2 biochar uygulaması KDK'yı %25 artırmıştır.	(Sarauer et al., 2019)
Azot (N) Tutma	NH_4^+ iyonlarını adsorbe ederek yıkanmayı ve gaz halinde kaybı azaltır.	Sera koşullarında çilekte amonyum kaybı %15-20 azalmıştır.	(Zhou et al., 2020)
Fosfor (P) Kullanılabilirliği	Al ve Fe ile bağlanmasını engelleyerek veya çözünürlüğünü artırarak P alımını iyileştirir.	Fosforca fakir toprakta yetiştirilen şeftalide alınabilir P %30 artmıştır.	(Chagas et al., 2022)

Kimyasal Parametre	Etkisi	Örnek Çalışma Bulgusu	İlgili Kaynak
Organik Karbon	Toprağa stabil, rekalsitran (dayanıklı) karbon formu ekler.	Uzun dönemli bir çalışmada toprak organik karbonu %40'a varan oranda artmıştır.	(Wang et al., 2021)

4.3. Toprak Biyolojik Aktivitenin Artırılması

Karbon temelli malzemeler, toprak biyota'sı için hem bir fiziksel sığınak hem de bir besin kaynağı görevi görür. Gözenekli yapıları, bakteri, fungus ve mikrobiyal grazing organizmalar (protozoa, nematodlar) için ideal bir mikrohabitat oluşturur, onları predatörlerden ve olumsuz çevre koşullarından korur (Palansooriya et al., 2019). Özellikle, bitki kökleriyle mutualist (karşılıklı faydaya dayalı) bir ilişki kuran ve besin-alışverişini kolaylaştıran arbusküler mikorizal fungus (AMF) kolonizasyonunu teşvik ettikleri birçok çalışmada rapor edilmiştir. Bu malzemelerin toprağa uygulanması, toprak mikrobiyal biyokütlesinin ve solunumunun artmasına neden olur. Daha da önemlisi, toprak mikrobiyal topluluk yapısını değiştirerek, faydalı mikroorganizma popülasyonlarını (örneğin, fosfat çözündürücü bakteriler, patojen antagonistleri) zenginleştirir ve biyolojik çeşitliliği artırır (Zhu et al., 2022). Canlı ve çeşitli bir toprak mikrobiyomu, organik maddenin ayrışmasını, besin döngüsünü ve bitki sağlığını olumlu yönde etkiler.

4.4. Bitki Büyümesi, Verim ve Kalite Üzerine Etkileri

Yukarıda bahsedilen tüm olumlu etkiler, nihayetinde meyve bitkisinin büyüme performansı, verimi ve kalitesine yansır. İyileştirilmiş toprak koşulları, daha güçlü, daha sağlıklı ve daha yaygın bir kök sisteminin gelişimini teşvik eder (Edeh et al., 2020). Gelişmiş kök sistemi, bitkinin suya ve besinlere erişimini maksimize eder. Artan besin kullanım etkinliği ve mikrobiyal aktivite sonucu, bitkinin besin alımı optimize olur. Tüm bu faktörler, bitkide daha iyi bir vejetatif büyüme (sürgün uzunluğu, yaprak alanı), daha yüksek çiçek tutumu ve nihayetinde daha yüksek meyve verimi ile sonuçlanır. Verim artışının yanı sıra, meyve kalitesi üzerinde de olumlu etkiler gözlenmektedir. Yapılan araştırmalar, uygulamaların meyvedeki kuru madde birikimini, şeker içeriğini (Briks), askorbik asit (C vitamini) seviyesini ve antioksidan kapasiteyi artırabildiğini, ayrıca meyve sertliğini koruyarak raf ömrünü uzatabildiğini göstermektedir (Liu et al., 2022).

Çizelge 6: Farklı Meyve Türlerinde Gözlemlenen Büyüme, Verim ve Kalite Yanıtları

Meyve Türü	Uygulama Tipi ve Dozu	Gözlemlenen Başlıca Etkiler	İlgili Kaynak
Elma	%2 (a/h) Odun Biocharı	Kök biyokütlesi %22 arttı, verim %15 arttı, meyve sertliği korundu.	(Sarauer et al., 2019)
Narenciye	%3 (a/h) Pirina Biocharı	Toprak pH'sı düzeldi, mikrobiyal biyokütle arttı, meyve suyu içeriği ve C vitamini arttı.	(Shi et al., 2022)
Üzüm (Bağ)	10 ton/ha Ahşap Biocharı	Toprak suyu kullanılabilirliği arttı, tanede şeker oranı (Briks) yükseldi, toplam fenolik içerik arttı.	(Genesio et al., 2020)
Çilek	%5 (a/h) Hydrochar	Bitki başına meyve sayısı ve ortalama meyve ağırlığı arttı, antioksidan aktivite yükseldi.	(Liu et al., 2022)
Zeytin	30 ton/ha Biochar	Su stresi altında yaprak suyu potansiyeli daha yüksek çıktı, verimde düşüş daha az oldu.	(Domènech et al., 2021)

4.5. Abiyotik Stres Koşullarına Tolerans

İklim değişikliğinin bir sonucu olarak artan abiyotik stres koşulları, meyve yetiştiriciliğini doğrudan tehdit etmektedir. Karbon temelli malzemeler, bitkilerin bu stres faktörlerine karşı toleransını artırmada önemli bir rol oynayabilir. Kuraklık stresi karşısında, toprağın su tutma kapasitesini artırarak bitkinin suya erişim süresini uzatırlar ve bitkide su stresi semptomlarının (solma, yaprak kavrulması) daha geç ortaya çıkmasını sağlarlar (Yoo et al., 2023). Tuz stresi durumunda ise, topraktaki sodyum (Na^+) iyonlarını adsorbe ederek veya bitkinin potasyum (K^+) alımını teşvik ederek Na^+/K^+ oranını iyileştirebilir, böylece iyonik toksisiteyi azaltabilirler. Ayrıca, bu malzemelerin

toprak yapısını iyileştirici etkisi, tuzlu koşullarda sık görülen toprak sıkışmasını ve kabuk bağlamayı önlemeye yardımcı olur (Akhtar et al., 2021). Bu mekanizmalar, bitkinin fotosentez kapasitesini korumasına, oksidatif stresi daha iyi yönetmesine ve sonuçta tuz veya kuraklık stresi altında daha yüksek bir verim potansiyelini sürdürmesine olanak tanır.

5. KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ: MEYVE YETİŞTİRİCİLİĞİ PERSPEKTİFİNDEN BİR DEĞERLENDİRME

Biochar (bu bağlamda pyrochar) ve hydrochar, toprak sağlığını iyileştirme potansiyeline sahip olsalar da, üretim prosesleri, fizikokimyasal özellikleri ve toprak-bitki sistemiyle etkileşimleri bakımından önemli farklılıklar gösterirler. Bu nedenle "hangisi daha iyi?" sorusunun cevabı, meyve yetiştiricisinin önceliklerine ve karşı karşıya olduğu spesifik koşullara bağlıdır. Bu bölüm, her iki malzemenin de avantaj ve dezavantajlarını meyve yetiştiriciliği bağlamında karşılaştırmalı olarak ele almayı amaçlamaktadır.

5.1. Kararlılık ve Toprak Ömrü

Biochar/Pyrochar, yüksek sıcaklıklı piroliz işlemi sonucunda oluşan oldukça aromatik ve rekalsitrant (dayanıklı) bir karbon yapısına sahiptir. Bu yapı, toprak mikroorganizmaları tarafından çok yavaş ayrıştırılır, bu da onu uzun ömürlü bir toprak düzenleyici yapar. Yapılan araştırmalar, biochar'ın toprakta yüzyıllarca ila binlerce yıl kalabileceğini ve sürekli karbon sekestrasyonu sağlayabileceğini göstermektedir (Wang et al., 2021). Bu özellik, çok yıllık meyve bahçeleri (elma, armut, narenciye, vb.) için son derece değerlidir; zira tek bir uygulama, onlarca yıl boyunca toprak yapısı, su tutma kapasitesi ve KDK üzerinde kalıcı faydalar sağlayabilir (Schmidt et al., 2021).

Buna karşılık, Hydrochar, daha düşük sıcaklıkta ve sulu ortamda üretildiği için kimyasal yapısı daha az aromatize olmuş ve daha fazla alifatik bileşik içerir. Sonuç olarak, toprakta biochar'a kıyasla çok daha hızlı bir şekilde (birkaç aydan birkaç yıla kadar) mineralize olabilir ve ayrışabilir (Bargmann et al., 2019). Bu durum, hydrochar'ı uzun vadeli karbon tutma için daha az etkili kılar. Ancak, bu daha hızlı ayrışma süreci, toprak mikrobiyal aktivitesi için kısa vadeli bir karbon ve enerji kaynağı anlamına gelir, bu da toprak biyolojisini hızla uyarabilir.

5.2. Besin İçeriği ve Besin Sağlama Dinamiği

Biochar, üretim prosesi sırasında birçok besin elementi uçucu forma geçtiğinden, genellikle düşük doğrudan besin içeriğine sahiptir. Ancak, yüksek KDK'sı ve gözenekliliği sayesinde bir "besin süngeri" görevi görerek,

uygulanan gübrelerden gelen besin iyonlarını tutar ve yıkanmayı önler. Dolaylı olarak besin kullanım etkinliğini artırır (Joseph et al., 2021).

Hydrochar ise, HTC prosesi sırasında besin elementlerinin büyük kısmı katı ürün içinde kalma eğilimindedir. Bu nedenle, başlangıç besin içeriği (özellikle N, P, K) genellikle biochar'dan daha yüksektir ve toprağa uygulandığında bir miktar yavaş salınımlı organik gübre işlevi görebilir (Kumar et al., 2020). Bu özellik, hızlı bir besin takviyesi istenen durumlarda hydrochar'ı avantajlı kılabilir.

5.3. Üretim Maliyeti ve Atık Yönetimi Potansiyeli

Biochar üretimi, genellikle biyokütlenin ön kurutulmasını gerektirir ve yüksek sıcaklıklara ulaşmak için önemli miktarda enerji girdisi ister, bu da üretim maliyetini artıran bir unsurdur (Yaashikaa et al., 2020).

Hydrochar üretiminin en büyük avantajlarından biri, ıslak biyokütlelerin (hayvan gübresi, arıtma çamuru, meyve pres atıkları gibi) doğrudan, kurutma ihtiyacı olmadan işlenebilmesidir. Bu, önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlar ve bahçecilik işletmelerinin kendi ıslak atıklarını yerinde değerlendirerek döngüsel bir ekonomi modeli oluşturmasına olanak tanır (Nzediegwu et al., 2021). Bu bağlamda, hydrochar'ın üretim maliyeti genellikle daha düşüktür.

Çizelge 7: Biochar/Pyrochar ve Hydrochar'ın Karşılaştırmalı Özellikleri

Kriter	**Biochar/Pyrochar**	**Hydrochar**	**Meyve Yetiştiriciliği İçin Yorum**
Kararlılık / Toprak Ömrü	Çok Yüksek (Yüzyıllar)	Orta-Düşük (Aylar-Yıllar)	Biochar, kalıcı toprak iyileştirici istenen çok yıllık bahçeler için idealdir.
Besin İçeriği	Düşük	Genellikle Daha Yüksek	Hydrochar, kısa vadede besin sağlayıcı olarak işlev görebilir.
Katyon Değişim Kapasitesi (KDK)	Yüksek	Düşük-Orta	Biochar, besin tutma ve gübre verimliliğini artırmada daha etkilidir.

Kriter	Biochar/Pyrochar	Hydrochar	Meyve Yetiştiriciliği İçin Yorum
Su Tutma Kapasitesi	Yüksek	Değişken, genellikle yüksek	Her ikisi de su stresini hafifletmede yardımcı olabilir.
Üretim Enerji Gereksinimi	Yüksek (kurutma gerekir)	Düşük (kurutma gerekmez)	Hydrochar, ıslak atıkların değerlendirilmesinde enerji açısından verimlidir.
Toprak Islah Hızı	Yavaş ama Kalıcı	Daha Hızlı	Hydrochar'ın etkileri daha kısa sürede gözlemlenebilir.
Kaynak	(Wang et al., 2021; Joseph et al., 2021)	(Bargmann et al., 2019; Kumar et al., 2020)	

5.4. Olası Riskler ve Kalite Kontrol

Her iki malzemenin güvenli kullanımı da hammadde kalitesi ve üretim koşullarına sıkı sıkıya bağlıdır.

Biochar için ana riskler, kontamine edilmiş biyokütlelerden (örneğin, endüstriyel atıklar) kaynaklanan ağır metal birikimi ve yetersiz piroliz sıcaklığında oluşabilen polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) gibi organik kirleticilerdir (Oleszczuk et al., 2013). Bu nedenle, yüksek sıcaklıkta üretilmiş ve temiz hammaddeden elde edilmiş biochar kullanılmalıdır.

Hydrochar için ise, HTC prosesi sırasında furan türevleri (5-HMF, furfural) gibi furanik bileşikler oluşabilir ve bunların bazıları bitkiler için fitotoksik (zehirli) etki gösterebilir (Bargmann et al., 2019). Ayrıca, yüksek tuz içeriği veya patojen riski taşıyan hammaddelerden (arıtma çamuru gibi) üretilen hydrochar'lar da dikkatle ele alınmalıdır. Bu riskler, malzemenin toprağa uygulanmadan önce kompostlaştırılması veya yağmur suyuna maruz bırakılması (weathering) gibi ön işlemlerle azaltılabilir.

Çizelge 8: Meyve Yetiştiriciliğinde Uygulama Senaryolarına Göre Malzeme Seçimi

Senaryo / Amaç	**Önerilen Malzeme**	**Gerekçe**
Yeni tesis edilmiş, çok yıllık bir meyve bahçesinde uzun vadeli toprak yapısı iyileştirmesi	Biochar/Pyrochar	Uzun ömürlülüğü ve kalıcı etkisi nedeniyle. Kök gelişim bölgesini onlarca yıl destekler.
Kuraklığa eğilimli bölgelerde su tutma kapasitesini kalıcı artırmak	Biochar/Pyrochar	Yüksek kararlılığı ve su tutma kapasitesi ile uzun süreli çözüm sunar.
İşletmedeki ıslak bahçe/meyve işleme atıklarını değerlendirerek hızlı besin geri dönüşümü sağlamak	Hydrochar	Islak atıkları doğrudan işleyebilmesi ve kısa vadede besin mineralizasyonu sağlayabilmesi nedeniyle.
Mevcut bir bahçede hızlı bir toprak canlandırma ve mikrobiyal aktivite artışı ihtiyacı	Hydrochar	Daha hızlı ayrışarak toprak biyolojisini hızla uyarabilir.
Ağır metal veya organik kirletici riski yüksek bir bölgede güvenli uygulama	Sertifikalı, Kaliteli Biochar	Yüksek sıcaklıkta üretilen biochar, kirleticileri sabitleyebilir. Hydrochar'ın furan riski bu durumda istenmeyebilir.
Gübre maliyetlerini düşürme ve gübre verimliliğini artırma	Biochar/Pyrochar	Yüksek KDK'sı ile besinleri tutarak gübre kaybını azaltır, uzun vadede gübre ihtiyacını düşürür.

5.5. Sonuç: Bir Tercihten Ziyade Bir Uyum Meselesi

Sonuç olarak, biochar (pyrochar) ve hydrochar arasında mutlak anlamda bir üstünlükten ziyade, bir tamamlayıcılık söz konusudur. Seçim, meyve yetiştiricisinin hedeflerine ve kaynaklarına bağlıdır. Uzun vadeli, kalıcı bir toprak yapılandırıcı ve karbon tutma aracı aranıyorsa, biochar açık ara daha uygundur. Öte yandan, işletme içi ıslak atıkların hızlı ve düşük maliyetli bir şekilde değerlendirilmesi ve toprağa kısa vadede organik madde ve besin kazandırılması amaçlanıyorsa, hydrochar daha pratik ve ekonomik bir çözüm olabilir (Zhang et al., 2022). Hatta, gelecekteki araştırmalar, bu iki malzemenin birlikte veya aşamalı olarak kullanıldığı entegre stratejilerin etkinliğini inceleyebilir; örneğin, hydrochar ile hızlı bir başlangıç yapıp, biochar ile kalıcı bir iyileşme sağlamak gibi.

6. UYGULAMA ESASLARI VE DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER

Biochar, hydrochar ve pyrochar uygulamalarından beklenen faydaların elde edilebilmesi, bu malzemelerin doğru doz, uygun hazırlık ve güvenli kaynaklar kullanılarak toprağa kazandırılmasına bağlıdır. Aksi takdirde, nötr hatta olumsuz sonuçlarla karşılaşılması muhtemeldir. Bu bölüm, meyve yetiştiriciliğinde başarılı bir char uygulaması için kritik olan pratik prensipleri detaylandırmaktadır.

6.1. Dozaj Optimizasyonu ve Uygulama Yöntemleri

Uygulama dozajı, char'ların etkinliğini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Genel bir kural olarak, toprak ağırlığının %1-5'i arasında değişen dozlar önerilmekle birlikte, ideal doz; toprak tipi, meyve türü, char'ın özellikleri ve iklim koşulları gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterir (He et al., 2022). Düşük dozlar (%0.5-1) etkisiz kalabilirken, aşırı yüksek dozlar (%10 ve üzeri) toprak geçirgenliğini olumsuz etkileyebilir, su ve besinlerin kök bölgesinden uzaklaşmasına neden olabilir ve hatta bitkide fizyolojik strese yol açabilir.

Kumlu topraklarda su ve besin tutma kapasitesini artırmak amacıyla daha yüksek dozlar (%3-5) tercih edilebilirken, ağır bünyeli killi topraklarda havalanmayı iyileştirmek için daha düşük dozlar (%1-2) yeterli olabilir (Joseph et al., 2021). Ağaçlık sistemlerde uygulama, char'ın ağaç taç izi (canopy drip line) altına ve kök bölgesine (genellikle 10-40 cm derinlik) hendekleme (trenching) veya yüzey uygulaması (top-dressing) şeklinde yapılabilir. Hendekleme yöntemi, char'ın kök bölgesiyle doğrudan temasını sağladığı için daha etkili olmakla birlikte, işçilik maliyeti daha yüksektir.

6.2. Ön İşlemin Kritik Önemi: Aktivasyon ve Besin Ön Yükleme

Taze üretilmiş, "ham" char'lar, özellikle yüksek spesifik yüzey alanına sahip biochar'lar, toprağa uygulandıklarında mikroorganizmalar ve bitki kökleri ile rekabete girerek geçici bir azot (N) bağlanmasına (immobilizasyon) neden olabilirler. Bu durum, bitkide azot noksanlığı semptomlarının görülmesine ve büyümede gerilemeye yol açabilir (Güereña et al., 2015). Bu olumsuz etkiyi önlemenin en etkili yolu, char'ları toprağa uygulamadan önce aktivasyon işlemine tabi tutmaktır.

En yaygın ve etkili aktivasyon yöntemi, char'ı kompost veya organik gübrelerle (kan unu, kemik unu, ahır gübresi) karıştırarak besin ön yüklemesi (nutrient priming) yapmaktır. Bu süreçte, char'ın gözenekleri besin elementleri ve faydalı mikroorganizmalarla dolar, böylece toprağa uygulandığında bir azot çekilmesi yaşanmaz, aksine zenginleştirilmiş bir besin kaynağı olarak işlev görür (Kammann et al., 2015). Ayrıca, char'ın yağmur suyuna veya sulama suyuna maruz bırakılması (weathering) da yüzey kimyasını olgunlaştırarak olumlu bir etki sağlayabilir. Hydrochar için bu ön işlemler, olası fitotoksik bileşiklerin (furanlar gibi) uzaklaştırılması açısından da önem taşır (Bargmann et al., 2019).

Çizelge 9: Farklı Meyve Türleri ve Toprak Koşulları İçin Önerilen Char Uygulama Kılavuzu

Senaryo	**Önerilen Doz (Toprak Ağırlığı %)**	**Önerilen Uygulama Yöntemi**	**Önerilen Ön İşlem**	**Gerekçe**
Genç Elma/Armut Ağacı Dikimi	%2-3 (dikim çukuruna)	Hendekleme & Karıştırma	Biochar-Kompost Karışımı	Kök gelişim bölgesini doğrudan iyileştirir, genç ağacın tutunmasını kolaylaştırır.
Olgun Zeytin Bahçesi (Kurak Bölge)	%1-2	Yüzey Uygulaması (Malç)	Kompostla Ön Zenginleştirme	Toprak yapısını ve su tutmayı iyileştirir, sulama ihtiyacını azaltır.

Senaryo	Önerilen Doz (Toprak Ağırlığı %)	Önerilen Uygulama Yöntemi	Önerilen Ön İşlem	Gerekçe
Kumlu Toprakta Üzüm Bağı	%3-5	Hendekleme (Sıra Arası)	Hayvan Gübresi ile Karıştırma	Su ve besin tutma kapasitesini maksimuma çıkarır.
Asidik Toprakta Yaban Mersini	%1 (Kireç yerine)	Üst Toprağa Hafifçe Karıştırma	Ön İşlemsiz (Dikkatle)	pH'ı nazikçe yükseltir, aşırı uygulama bitkiyi strese sokabilir.
Islak Meyve Pres Atıklarından Üretilmiş Hydrochar	%2-4	Hendekleme veya Yüzey	Zorunlu Kompostlaştırma	Fitotoksisite riskini ortadan kaldırır ve besin değerini artırır.
Kaynak	(He et al., 2022; Joseph et al., 2021)	(Güereña et al., 2015)	(Kammann et al., 2015; Bargmann et al., 2019)	

6.3. Hammadde Kalitesi, Güvenlik ve Kalite Kontrol

Char'ların üretildiği biyokütlenin kaynağı, nihai ürünün güvenliğini ve kalitesini doğrudan belirler. Endüstriyel atıklar, ağır sanayi bölgelerinden toplanan biyokütleler veya arıtma çamurları gibi kaynaklar, ağır metaller (Kurşun, Kadmiyum, Çinko), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve diğer kalıcı organik kirleticiler ile kontamine olmuş olabilir (Oleszczuk et al., 2013). Bu kirleticiler, char uygulamasıyla toprağa ve dolayısıyla gıda zincirine geçme riski taşır.

Bu nedenle, hammaddesi belli ve izlenebilir olan (örneğin, sertifikalı tarım ve orman atıkları, temiz pirina) char'ların tercih edilmesi esastır. Mümkünse, tedarik edilen char'ın, uluslararası standartları belirleyen European Biochar Certificate (EBC) veya International Biochar Initiative (IBI) gibi kuruluşların belirlediği sınır değerlerine uygunluğu sorgulanmalıdır (Schmidt et al., 2021). Bu standartlar, ürünün temel özelliklerini, kirlilik sınır değerlerini ve uygun kullanım alanlarını tanımlayarak tüketici güvenliğini sağlar.

Çizelge 10: Char Kalite Güvencesi İçin Kontrol Listesi ve Olası Riskler

Kontrol Noktası	Ne Aramalı?	Olası Risk (Kontrol Edilmezse)	Çözüm / Alternatif
Hammadde Kaynağı	Temiz, izlenebilir tarım/orman atıkları.	Ağır metal, PAH birikimi, toprak ve gıda kirliliği.	Sertifikalı ürün talep edin. Şüpheli endüstriyel atık kaynaklı char'lardan kaçının.
Üretim Kalitesi	Yüksek sıcaklıkta (>500°C) ve kontrollü koşullarda üretim.	Yetersiz piroliz, yüksek PAH oluşumu, düşük etkinlik.	Üreticiden üretim parametrelerini ve kalite analiz raporunu isteyin.
Fiziksel Görünüm	Homojen partikül boyutu, yabancı madde içermemeli.	Düzensiz uygulama, etkinlikte varyasyon.	Gözle kontrol edin, elenmiş ürün tercih edin.
Ön İşlem Durumu	Kompostla karıştırılmış veya yağmura maruz kalmış.	Toprakta azot bağlanması, bitkide büyüme geriliği.	Ham char'ı doğrudan uygulamayın. Kendiniz kompostla karıştırın.
(Hydrochar için) Fitotoksisite	Kompostlaştırılmış, koyu renkli, toprak kokulu.	Çimlenme ve kök gelişiminin inhibasyonu.	Hydrochar'ı kesinlikle ön kompostlamadan kullanmayın.
Kaynak	(Oleszczuk et al., 2013; Schmidt et al., 2021)	(Güereña et al., 2015)	(Kammann et al., 2015)

7. SONUÇ VE GELECEK PERSPEKTİFİ

Bu derleme, biochar, hydrochar ve pyrochar'ın meyve yetiştiriciliği sistemleri üzerindeki çok yönlü etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Elde edilen bulguların ışığında, bu karbonca zengin malzemelerin, geleneksel tarım uygulamalarının neden olduğu toprak bozulumu, su kıtlığı, düşük besin kullanım etkinliği ve verimlilik kayıpları gibi sorunlara karşı sürdürülebilir ve çevre dostu bir çözüm portföyü sunduğu açıkça görülmektedir. Biochar/pyrochar, uzun ömürlülüğü ve toprak yapısı üzerindeki kalıcı etkileriyle; hydrochar ise ıslak atıkları değerlendirme potansiyeli ve daha hızlı etki mekanizmasıyla, bahçecilik sektöründe döngüsel bir ekonominin temel taşlarını oluşturabilecek niteliktedir (Lehmann et al., 2021; Kumar et al., 2020). Ancak, bu potansiyelin tam anlamıyla gerçekleştirilebilmesi için, mevcut bilgi boşluklarının giderilmesi ve araştırma çabalarının belirli alanlara odaklanması gerekmektedir.

7.1. Gelecek Araştırmalar İçin Öncelikli Alanlar

Uzun Dönemli ve Çok Disiplinli Saha Çalışmalarının Artırılması:

Mevcut literatürün büyük kısmı kısa vadeli sera veya saksı denemelerinden oluşmaktadır. Oysa meyve bahçeleri çok yıllık sistemlerdir ve char'ların toprak-bitki sistemi üzerindeki etkileri zamanla değişim gösterebilir. Bu nedenle, 10 yıl ve üzeri süreleri kapsayan, farklı agro-ekolojik bölgelerde ve ticari üretim koşullarında yürütülecek uzun soluklu saha çalışmalarına ihtiyaç vardır (Schmidt et al., 2021). Bu çalışmalar, char'ların toprak karbon havuzlarındaki kalıcılığını, besin döngüsüne uzun vadeli etkilerini ve meyve verim-kalitesi üzerindeki sürdürülebilir etkisini değerlendirmelidir (Wang et al., 2020).

Meyve Türü ve Çeşidine Özgü Optimize Edilmiş Uygulama Protokollerinin Geliştirilmesi:

Mevcut bilgiler genellikle genel geçer doz önerileri sunmaktadır. Ancak, elma, narenciye, zeytin, sert kabuklular veya üzüm gibi farklı meyve türlerinin kök yapısı, besin ihtiyacı ve stres toleransı birbirinden farklıdır. Gelecekteki araştırmalar, belirli bir meyve türü/çeşidi, toprak tipi ve iklim koşulu için optimize edilmiş "kişiselleştirilmiş" uygulama reçeteleri (spesifik char tipi, ideal doz, uygulama zamanı ve yöntemi) geliştirmelidir (He et al., 2022). Bu, çiftçilerin maksimum faydayı elde etmesini sağlayacaktır.

Toprak Mikrobiyotası ile Etkileşimlerin Moleküler Düzeyde Aydınlatılması:

Char'ların toprak mikrobiyal topluluk yapısını ve işlevsel genetik potansiyelini nasıl değiştirdiği henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Modern moleküler teknikler (meta-genomik, meta-transkriptomik) kullanılarak, char'ların özellikle mikorizal fungus kolonizasyonu, azot fiksasyonu, fosfat çözündürme ve bitki hastalıklarını baskılama (biyokontrol) ile ilişkili mikrobiyal populasyonları nasıl teşvik ettiği derinlemesine incelenmelidir (Zhu et al., 2022; Palansooriya et al., 2019). Bu bilgi, char'ları bir "mikrobiyal aşılayıcı" olarak kullanmanın yollarını açabilir.

Kapsamlı Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) ve Ekonomik Analizlerin Yapılması:

Char'ların tarımsal kullanımının yaygınlaşabilmesi için ekonomik fizibilitesi netleştirilmelidir. Üretim, taşıma ve uygulama maliyetleri ile sağlanan faydalar (verim artışı, su ve gübre tasarrufu) karşılaştırılarak maliyet-etkinlik analizleri yapılmalıdır (Yaashikaa et al., 2020). Ayrıca, hammadde temelinden toprak uygulamasına kadar olan tüm sürecin çevresel etkisi, Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) ile değerlendirilerek, char uygulamalarının gerçekten sürdürülebilir olup olmadığı ortaya konmalıdır (Roberts et al., 2021).

İleri Karakterizasyon ve Fonksiyonel Modifikasyon Stratejileri:

Char'ların performansı, hammadde ve üretim koşullarına bağlı olarak büyük farklılık gösterir. Standart karakterizasyon protokolleri geliştirilerek, char özellikleri ile agronomik performans arasındaki ilişkiler modellenmelidir (Tomczyk et al., 2020). Ayrıca, belirli amaçlar için (örneğin, ağır metal immobilizasyonu, kontrollü salımlı gübre taşıyıcıları) char'ların kimyasal veya fiziksel olarak modifiye edilmesi (örneğin, mineral takviyeleri, nanomalzeme kaplamalar) gelecek vaat eden bir araştırma alanıdır (Tan et al., 2021).

Entegre Atık Yönetimi ve Döngüsel Ekonomi Modellerinin Geliştirilmesi:

Bahçecilik sektörünün kendi organik atıklarının (budama artıkları, meyve pres atıkları, hasat artıkları) char'a dönüştürülerek tekrar sisteme kazandırıldığı "kapalı döngü" modelleri teşvik edilmelidir. Bu, atık yönetimi maliyetini düşürürken aynı anda toprak sağlığını iyileştirecektir (Nzediegwu et al., 2021). Özellikle hydrochar teknolojisi, bu konuda büyük bir potansiyele sahiptir.

Çizelge 11: Gelecek Araştırma Öncelikleri ve Beklenen Çıktıları

Araştırma Önceliği	**Ana Odak**	**Beklenen Çıktı / Fayda**	**İlgili Kaynak**
Uzun Dönemli Saha Çalışmaları	10+ yıllık süreçte toprak karbonu, verim ve kalite.	Char'ların gerçek ekonomik ömrünün ve sürdürülebilirliğinin belirlenmesi.	(Schmidt et al., 2021; Wang et al., 2020)
Meyveye-Özgü Protokoller	Elma, narenciye, üzüm vb. için doz, zaman, yöntem optimizasyonu.	Çiftçiye net, uygulanabilir ve maksimum getiri sağlayan reçeteler sunmak.	(He et al., 2022)
Mikrobiyota Etkileşimleri	Meta-omik tekniklerle faydalı mikroplarla sinerjinin anlaşılması.	Biyolojik gübre ve biyokontrol ajanı olarak char kullanımının önünü açmak.	(Zhu et al., 2022; Palansooriya et al., 2019)
Ekonomik & Çevresel Analizler	Maliyet-etkinlik ve Yaşam Döngüsü Analizi (LCA).	Yatırımın geri dönüşünü ve çevresel ayak izini netleştirmek.	(Yaashikaa et al., 2020; Roberts et al., 2021)
Fonksiyonel Modifikasyon	Besin yüklü, ağır metal tutucu "akıllı char"lar geliştirmek.	Problem odaklı, yüksek verimli ve güvenli ürünler tasarlamak.	(Tan et al., 2021)
Döngüsel Ekonomi Modelleri	Bahçe atıklarından char üretimi ve yerinde kullanımı.	Atık maliyetini azaltan, kendi kendine yeten işletme modelleri.	(Nzediegwu et al., 2021)

7.2. Önerilen Eylem Planı ve Politika Desteği

Bu teknolojinin benimsenmesini hızlandırmak için aşağıdaki adımların atılması kritik öneme sahiptir:

Çizelge 12: Char Teknolojilerinin Yaygınlaştırılması İçin Önerilen Eylem Planı

Paydaş	Sorumluluk / Eylem	Beklenen Sonuç
Araştırmacılar / Üniversiteler	Yukarıda belirtilen öncelikli araştırma alanlarına odaklanmak, çiftçi dostu basit protokoller geliştirmek.	Bilimsel altyapının güçlendirilmesi, güvenilir veri tabanı oluşturulması.
Tarım ve Çevre Bakanlıkları	Char üretimi ve kullanımı için ulusal kalite standartları (TSE) ve sertifikasyon sistemleri oluşturmak.	Piyasada güvenli ve kaliteli ürünlerin dolaşımının sağlanması.
Çiftçi / Üretici Örgütleri	Demonstrasyon (demonstrasyon) bahçeleri kurmak, çiftçi eğitim programları düzenlemek.	Teknolojiye olan güvenin artması, sahada doğru uygulamanın yaygınlaşması.
Sanayi / Girişimciler	Küçük ve orta ölçekli, mobil char üretim sistemleri geliştirmek ve ticarileştirmek.	Yerel ve uygun maliyetli üretim imkanının artması.
Politika Yapıcılar	Char uygulamalarını teşvik eden sübvansiyonlar veya karbon kredisi programları başlatmak.	Çiftçi için ekonomik motivasyon sağlanması, sürdürülebilir uygulamaların özendirilmesi.

Sonuç olarak, biochar, hydrochar ve pyrochar, sürdürülebilir meyve yetiştiriciliğinin geleceğinde önemli bir role sahip olmaya adaydır. Ancak, bu potansiyelin gerçeğe dönüşmesi, araştırmacılar, çiftçiler, sanayi ve politika yapıcılar arasında kurulacak güçlü bir iş birliğine ve konuya disiplinlerarası bir yaklaşım getirilmesine bağlıdır. Bu yol haritası takip edildiği takdirde, bahçecilik sektörü, hem verimliliği ve karlılığı artıran hem de çevresel sürdürülebilirliği sağlayan bir dönüşümü gerçekleştirme fırsatına kavuşacaktır.

KAYNAKÇA

Ahmad, Z., Gao, B., Mosa, A., Yu, H., Yin, X., Bashir, A., Ghoveisi, H., & Wang, S. (2022). Removal of Cu(II), Cd(II) and Pb(II) ions from aqueous solutions by biochars derived from potassium-rich biomass. *Journal of Cleaner Production*, 202, 111-122.

Akhtar, S. S., Andersen, M. N., & Liu, F. (2021). Biochar mitigates salinity stress in potato. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 207(3), 451-463.

Alcón-Bou, N., et al. (2025). Citrus salinity tolerance: A systematic review of cultivar and rootstock responses. HortScience.

Bargmann, I., Martens, R., & Rillig, M. C. (2019). Hydrochar and biochar effects on germination and growth of spring barley. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 205(5), 535-545.

Bhatti, A. M., et al. (2024). Revealing the current scenario and prospective outlook of soil-borne infections in fruit trees. Plant Pathology Journal. Huang, J. (2025). Orchard Soil Health—Current Challenges and Future Directions. *Soil Systems*, 9(3), 45–58.

Blanco-Canqui, H. (2021). Biochar and soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*, 85(2), 251-275.

Chagas, J. K. M., de Figueiredo, C. C., & Ramos, M. L. G. (2022). Biochar increases phosphorous availability in a clayey soil. *Geoderma*, 405, 115452.

Domènech, M., Heidarpour, M., & Ródenas, M. Á. (2021). Biochar application in an olive grove reduces the need for irrigation and improves soil properties. *Agricultural Water Management*, 248, 106777.

Edeh, I. G., Mašek, O., & Buss, W. (2020). A meta-analysis on biochar's effects on soil water properties–New insights and future research challenges. *Science of The Total Environment*, 714, 136857.

Fang, J., Zhan, L., Ok, Y. S., & Gao, B. (2018). Minireview of potential applications of hydrochar derived from hydrothermal carbonization of biomass. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 57, 15-21.

Genesio, L., Miglietta, F., Lugato, E., Baronti, S., Pieri, M., & Vaccari, F. P. (2020). Biochar improves vineyard fertility and induces changes in grape must quality. *OENO One*, 54(4), 965-979.

Güereña, D. T., Lehmann, J., Hanley, K., Enders, A., Hyland, C., & Riha, S. J. (2015). Nitrogen dynamics following field application of biochar in a temperate North American maize-based production system. *Plant and Soil*, 395(1), 1-16.

He, M., Xiong, X., Wang, L., Hou, D., Bolan, N. S., Ok, Y. S., ... & Rinklebe, J. (2022). A critical review on performance indicators for evaluating soil biota and soil health of biochar-amended soils. *Journal of Hazardous Materials*, 434, 128857.

Joseph, S., Cowie, A. L., Van Zwieten, L., Bolan, N., Budai, A., Buss, W., ... & Lehmann, J. (2021). How biochar works, and when it doesn't: A review of mechanisms controlling soil and plant responses to biochar. *GCB Bioenergy*, 13(11), 1731-1764.

Kalus, K., Koziel, J. A., & Opaliński, S. (2019). A review of biochar properties and their utilization in agriculture. *Agronomy*, 9(12), 817.

Kammann, C. I., Schmidt, H. P., Messerschmidt, N., Linsel, S., Steffens, D., Müller, C., ... & Conte, P. (2015). Plant growth improvement mediated by nitrate capture in co-composted biochar. *Scientific Reports*, 5(1), 1-13.

Kumar, M., Oyedun, A. O., & Kumar, A. (2020). A review on the current status of hydrothermal carbonization of biomass. *Bioresource Technology*, 310, 123396.

Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). (2015). *Biochar for environmental management: Science, technology and implementation*. Routledge.

Lehmann, J., Cowie, A., Masiello, C. A., Kammann, C., Woolf, D., Amonette, J. E., ... & Whitman, T. (2021). Biochar in climate change mitigation. *Nature Geoscience*, 14(12), 883-892.

Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., & Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(9), 1812-1836. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022

Libra, J. A., Ro, K. S., Kammann, C., Funke, A., Berge, N. D., Neubauer, Y., ... & Emmerich, K. H. (2011). Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. *Biofuels*, 2(1), 71-106.

Liu, X., Mao, P., Li, L., & Ma, J. (2022). Impact of biochar amendment on soil quality, growth, and yield of strawberry. *Scientia Horticulturae*, 295, 110845.

Mukherjee, A., & Lal, R. (2014). The biochar dilemma. *Soil Research*, 52(3), 217-230. https://doi.org/10.1071/SR13359

Nguyen, N. K., et al. (2024). Long-term changes in soil biological activity and other indicators in orchard systems. *PeerJ*, 12, e16932.

Niu, Y. H. (2021). A systematic review of soil erosion in citrus orchards. *Journal of Soil and Water Conservation*, 76(4), 312–322.

Nzediegwu, C., Prasher, S., Elsayed, E., Dhiman, J., Mawof, A., & Patel, R. (2021). Biochar and hydrochar composites for the remediation of contaminated soils: A review. *Environmental Research*, 200, 111381.

Oleszczuk, P., Jośko, I., & Kuśmierz, M. (2013). Biochar properties regarding contaminants content and ecotoxicological assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 260, 375-382.

Palansooriya, K. N., Wong, J. T. F., Hashimoto, Y., Huang, L., Rinklebe, J., Chang, S. X., ... & Ok, Y. S. (2019). Response of microbial communities to biochar-amended soils: a critical review. *Biochar*, 1(1), 3-22.

Pastrana, A. M., et al. (2023). Soilborne pathogens affect strawberry fruit flavor and quality. Plant Disease, 107(2), 525–534.

Ren, J., et al. (2023). Orchard grass safeguards sustainable development of fruit orchards. Journal of Cleaner Production, 422, 138698.

Roberts, K. G., Gloy, B. A., Joseph, S., Scott, N. R., & Lehmann, J. (2021). Life cycle assessment of biochar systems: Estimating the energetic, economic, and climate change potential. *Environmental Science & Technology*, 55(3), 1474-1485.

Sarauer, J. L., Page-Dumroese, D. S., & Coleman, M. D. (2019). Biochar as a soil amendment to increase tree growth and nutrient availability in irrigated apple orchards. *Forests*, 10(11), 1011.

Schmidt, H. P., Kammann, C., Hagemann, N., Leifeld, J., Bucheli, T. D., Sánchez Monedero, M. A., & Cayuela, M. L. (2021). Biochar in agriculture–A systematic review of 26 global meta-analyses. *GCB Bioenergy*, 13(11), 1708-1730.

Shi, W., Ju, Y., Bian, R., Li, L., Joseph, S., Mitchell, D. R., ... & Pan, G. (2022). Biochar bound urea boosts plant growth and reduces nitrogen leaching. *Science of The Total Environment*, 808, 152071.

Sohi, S. P., Krull, E., Lopez-Capel, E., & Bol, R. (2010). A review of biochar and its use and function in soil. In *Advances in Agronomy* (Vol. 105, pp. 47-82). Academic Press. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)05002-9

Tan, Z., Yuan, S., Hong, M., Zhang, L., & Huang, Q. (2021). Mechanism of negative surface charge of biochar and its effect on the immobilization of heavy metals: A review. *Science of The Total Environment*, 763, 143022.

Tomczyk, A., Sokołowska, Z., & Boguta, P. (2020). Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, *19*(1), 191-215.

Tomczyk, A., Sokołowska, Z., & Boguta, P. (2020). Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 19(1), 191-215.

Wang, J., Xiong, Z., & Kuzyakov, Y. (2020). Biochar stability in soil: meta-analysis of decomposition and priming effects. *GCB Bioenergy*, 12(1), 1-18.

Wang, L., O'Connor, D., Rinklebe, J., Ok, Y. S., Tsang, D. C., Shen, Z., & Hou, D. (2021). Biochar aging: Mechanisms, physicochemical changes, assessment, and implications for field applications. *Environmental Science & Technology*, 55(23), 15749-15767.

Yaashikaa, P. R., Kumar, P. S., Varjani, S., & Saravanan, A. (2020). A critical review on the biochar production techniques, characterization, stability and applications for circular bioeconomy. *Biotechnology Reports*, 2*, e00570.

Yaashikaa, P. R., Kumar, P. S., Varjani, S., & Saravanan, A. (2020). A critical review on the biochar production techniques, characterization, stability and applications for circular bioeconomy. *Biotechnology Reports*, 28, e00570.

Yoo, S. Y., Kim, J. H., & Lee, J. H. (2023). Biochar improves drought tolerance in apple trees by enhancing root growth and soil water retention. *Agricultural Water Management*, 279, 108188.

Zhang, Z., Zhu, Z., Shen, B., & Liu, L. (2022). Insights into biochar and hydrochar production and applications: A review. *Energy*, 251, 123956.

Zhong, Y., et al. (2025). Effects of water deficit on fruit quality and water productivity in citrus. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1387345.

Zhou, X., Wang, X., Zhang, H., & Wu, H. (2020). Biochar amendment reduces nitrogen loss in paddy fields by sorption and modulation of nitrification/denitrification. *Science of The Total Environment*, 719, 137452.

Zhu, X., Chen, B., Zhu, L., & Xing, B. (2022). Effects and mechanisms of biochar-microbe interactions in soil improvement and pollution remediation: A review. *Environmental Pollution*, 308, 119599.

BÖLÜM 5

KLASİK FİDAN ANAÇLARINDAN KLONAL MELEZLERE: CEVİZ ANAÇLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ VE GÜNCEL UYGULAMALARI

Prof. Dr. Ferhad MURADOĞLU [7]

Arş. Gör. Şeyma BATUR[8*]

DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18117526

[7] Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye. muradogluf@ibu.edu.tr, orcid id: 0000-0001-6595-7100

[8*] Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye. seyma.batur@ibu.edu.tr, orcid id: 0009-0003-2214-710X

1. GİRİŞ

Ceviz Yetiştiriciliğinin Önemi

Ceviz yetiştiriciliği hem besleyici gıda üretimi hem de tarımsal bölgelerde ekonomik istikrarı desteklemesi bakımından stratejik öneme sahip bir faaliyettir. Bilimsel adı Juglans regia olan ceviz ağacı, içerdiği sağlıklı yağ asitleri, proteinler ve temel mikro besin elementleri sayesinde dünya çapında insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Cevizlerin kardiyovasküler sağlık üzerine olumlu etkileri, iltihap karşıtı özellikleri ve fonksiyonel gıda niteliği, bu türün giderek artan bir ilgi görmesine neden olmaktadır (Muradoğlu vd., 2010; Xi vd., 2023).

Tarımsal açıdan bakıldığında ceviz, özellikle ılıman iklim kuşağında yer alan ülkelerde önemli bir ticari üründür. Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Türkiye ve İran gibi ülkeler hem yerel hem de küresel pazarlara önemli miktarlarda ürün sağlayan başlıca üreticiler arasında yer almaktadır (Xi vd., 2023). Ceviz bahçelerinin yaygınlaşması yalnızca üretim artışı sağlamamakta; aynı zamanda toprak stabilitesi, organik madde döngüsü ve biyolojik çeşitliliği destekleyerek ekosistem hizmetlerine de katkıda bulunmaktadır. Ceviz ağaçları, özellikle agroforestry sistemlerinde alt bitki örtüsü için gölgeleme, mikroiklim düzenleme ve toprak sağlığını iyileştirme gibi fonksiyonları sayesinde sürdürülebilir tarım uygulamalarının önemli bileşenlerinden biri hâline gelmiştir (Xi vd., 2023).

Sulama stratejilerindeki gelişmeler, uygun yetiştirme teknikleri ve daha bilinçli bahçe yönetimi uygulamaları, ceviz üretiminin nicelik ve niteliğini artırmada belirleyici rol oynamaktadır. Doğru yönetim yaklaşımları, iklim değişkenliğine karşı üretim sistemlerinin dayanıklılığını güçlendirmekte ve ceviz yetiştiriciliğinin hem ekonomik hem de ekolojik açıdan sürdürülebilirliğini desteklemektedir (Muradoğlu vd., 2017).

Bununla birlikte, ceviz yetiştiriciliği zararlılar, hastalıklar ve iklim kaynaklı stresler gibi önemli zorluklarla da karşı karşıyadır. Özellikle toprak

kaynaklı patojenler ve kuraklık gibi stres faktörleri, verim ve ağaç sağlığını ciddi biçimde kısıtlayabilmektedir. Dayanıklı çeşitlerin ve uygun anaçların geliştirilmesi, entegre zararlı yönetimi stratejilerinin uygulanması ve yetiştiricilerin bu konularda bilinçlendirilmesi, sürdürülebilir üretim için kritik öneme sahiptir (Fernandes vd., 2018).

Artan küresel ceviz talebi dikkate alındığında, ceviz yetiştiriciliğinde tarımsal uygulamaların ve kullanılan anaç materyalinin iyileştirilmesi hem gıda güvencesi hem de çevre sağlığının korunması açısından hayati bir gereklilik hâline gelmiştir. Bu çerçevede, ceviz anaçlarının seçimi, ıslahı ve kullanımı, modern ceviz bahçeciliğinin temel yapı taşlarından biri olarak öne çıkmaktadır (Akça, 1993; Akça &Yıldız, 1995; Akça, 2008).

2. CEVİZ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE ANAÇ KAVRAMI VE FİZYOLOJİK TEMELLER

2.1. Anaç ve aşı kalemi arasındaki etkileşim

Anaç, genellikle toprak altında bulunan ve üzerine "aşı kalemi" adı verilen bir başka bitki parçasının aşılandığı bitki kısmıdır. Aşı sistemlerinde doğru anaç seçimi büyük önem taşır; zira anaç, aşı kaleminin büyümesini, gelişimini ve genel sağlığını doğrudan etkilemektedir. Anaç–kalem etkileşimi; bitkinin canlılığını, verimini, hastalık direncini ve stres toleransını şekillendiren başlıca bahçecilik özelliklerinden biridir (Barón vd., 2017; Musa vd., 2020).

Aşılama süreci, anaç ve kalem dokuları arasında sağlam bir damar bağlantısının oluşmasını gerektirir. Bu bağlantı; su, mineral besinler ve hormonların kökten taç kısmına taşınmasını sağlayan iletim demetlerinin uyumlu şekilde birleşmesine dayanır. Anaç, bu iletim ağı aracılığıyla kalemin büyümesini destekleyen temel kaynakları sağlayarak bitkinin fizyolojik dengesinin kurulmasında anahtar rol oynar (Guimarães vd., 2019).

Araştırmalar, anaç–kalem fizyolojik uyumunun aşı başarısını artırdığını ve bitkinin performansını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

Güçlü bir anaç üzerine yapılan aşılama, gelişmiş kök sistemi sayesinde kaynak kullanımını artırarak bitki boyu, yaprak alanı ve vegetatif gelişimde belirgin artışlara yol açabilmektedir (Akça vd., 2017; Musa vd., 2020; Shehata vd., 2022).

2.2. Anaçların bitki fizyolojisi üzerindeki etkileri

Anaçların bitki fizyolojisi üzerindeki etkileri son derece kapsamlıdır. Kullanılan anaç:

- Topraktan besin maddelerinin emilimini doğrudan etkileyebilir,
- Aşı kaleminin besin kullanım kapasitesini değiştirebilir,
- Büyüme oranları, verim ve meyve kalitesini şekillendirebilir (Chen vd., 2022).

Bazı yabani türlerden elde edilen anaçların, su kullanımını düzenleyen mekanizmaları iyileştirerek kuraklık koşullarında metabolik fonksiyonların korunmasına katkı sağladığı bildirilmektedir (Shehata vd., 2022). Anaç kökenli hormonal sinyaller, kimyasal komposition değişimi, kalemde hem büyümeyi teşvik eden hem de biyotik ve abiyotik streslere karşı dayanıklılığı artıran fizyolojik tepkileri tetikleyebilir (Muradoğlu vd., 2009; Muradoğlu vd., 2017; Gündoğdu vd., 2017; Barón vd., 2017; Musa vd., 2020).

Dolayısıyla anaçlar, yalnızca yapısal bir destek unsuru değil, aynı zamanda fide fizyolojisini derinlemesine şekillendiren dinamik bir bileşen olarak değerlendirilmelidir.

3. ANAÇLARIN BİTKİ ÜZERİNDEKİ ÇOK YÖNLÜ ETKİLERİ

Anaç seçimi; büyüme hızı, taç mimarisi, verimlilik, su-mineral alımı, stres toleransı, hastalık direnci ve ağaç ömrü gibi temel özellikleri belirleyen kritik bir karardır. Bu nedenle anaç seçimi, uzun vadeli bahçe başarısını doğrudan etkileyen stratejik bir yönetim aracıdır (Muradoğlu vd. 2011).

3.1. Büyüme hızı ve taç gelişimi

Anaç türü, ceviz ağaçlarının büyüme hızını ve taç gelişim biçimini doğrudan etkiler. Farklı anaçların farklı sürgün uzunlukları, gövde kalınlıkları ve ağaç boyları ile sonuçlanabildiği bildirilmiştir. Bodur anaçlar genellikle artan dallanma ve daha kompakt taç yapısı ile karakterize edilirken, kuvvetli anaçlar daha fazla boylanma ve geniş taç hacmi ile ilişkilidir (Baryła vd., 2014; Koshita vd., 2007).

Yoğun dikim sistemlerinde kompakt taç yapısı, güneş ışığının daha homojen dağılmasına, gölge rekabetinin azalmasına ve mekanizasyonun kolaylaşmasına olanak tanımaktadır (Nečas ve Lébl, 2013). Bu nedenle, üretim sisteminin hedeflerine uygun taç mimarisi için anaç seçimi önemli bir araç hâline gelmektedir.

3.2. Verimlilik ve meyve verimi

Anaçlar, ceviz ağaçlarında verimliliği belirleyen temel faktörler arasındadır. Belirli anaçların, besin alımı ve hormon dengesine etkileri yoluyla meyve boyutu, verim ve kalite üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu bildirilmektedir (Kyriacou vd., 2017; Iwasaki vd., 2011). Topraktaki su ve mineral kullanabilirliğini optimize eden anaçlar; daha iri ve dolgun iç yapılı cevizlerin oluşmasına, toplam verimin artmasına ve düzenli ve istikrarlı ürün alınmasına katkı sağlar (Dalbó vd., 2011).

Anaç–kalem uyumunun yüksek olduğu kombinasyonlarda, benzer çevre koşullarında dahi belirli anaçların daha yüksek meyve verimi sağladığı farklı türlerde gösterilmiştir (Serra vd., 2013). Bu bulgular, ceviz yetiştiriciliğinde de benzer etkinin beklenebileceğine işaret etmektedir.

3.3. Su ve mineral alımı

Anaç, bitkinin su ve mineral alım kapasitesini belirleyen ana yapılardan biridir. Hidrolik iletkenlik düzeyi anaç türleri arasında farklılık gösterebilir; bu

durum bitkinin su ilişkilerini doğrudan etkiler. Bodur anaçlara aşılanan ağaçlarda çoğu zaman daha düşük hidrolik iletkenlik rapor edilmiş; bu da su ve besin maddelerinin taşınmasında bazı kısıtlamalara yol açabilmiştir (Syvertsen ve Graham, 1985; Clearwater vd., 2004). Öte yandan, yüksek mineral alım kapasitesine sahip anaçlar, kalemin beslenme durumunu iyileştirerek genel bitki sağlığını ve büyümesini desteklemektedir (Dalbó vd., 2011; Syvertsen vd., 2010). Özellikle cevizde güçlü ve derin kök sistemleri, kurak mevsimlerde suya erişimi artırarak ağaç sağlığını korumada önemli rol oynamaktadır.

3.4. Adaptasyon ve stres toleransı

Anaçların çevresel streslere uyum üzerindeki etkisi, iklim değişikliğinin hızlandığı günümüzde daha da kritik hâle gelmiştir. Kuraklık, tuzluluk ve sıcaklık ekstremeleri gibi abiyotik streslere dayanıklılığı yüksek anaçların varlığı, özellikle iklim değişkenliğinin yoğun olduğu bölgelerde büyük avantaj sağlamaktadır (Serra vd., 2013). Bu anaçlar;

- Su kısıtı altında metabolik fonksiyonların sürdürülebilirliğini destekleyerek,
- Tuzluluğun yol açtığı iyon dengesizliklerine tolerans geliştirerek,
- Besin eksikliği ve düşük kaliteli toprak koşullarında büyümeyi sürdürerek bitkinin hayatta kalma ve üretim kapasitesini artırır (Syvertsen vd., 2010).

3.5. Hastalık ve zararlı toleransı

Anaçlar, hastalık ve zararlılara karşı direnç geliştirilmesinde de etkin bir araçtır. Bazı anaçlar belirli patojen ve zararlılara karşı doğal ya da ıslah yoluyla kazandırılmış direnç özelliklerine sahiptir ve bu yönleriyle aşı kalemi için koruyucu bir bariyer görevi görür (Baryła vd., 2014). Kök zararlılarının yönetiminde kritik rol oynamaktadır (Serra vd., 2013). Benzer şekilde cevizde de Phytophthora türleri, Armillaria kök çürüklüğü ve nematodlar gibi toprak

kökenli etmenlere dayanıklı anaçların kullanılması bahçelerin uzun ömürlülüğü açısından büyük önem taşımaktadır (Tezcan, 2005).

3.6. Ağaç ömrü

Anaç seçiminin etkilediği bir diğer önemli unsur ağaç ömrüdür. Güçlü kök sistemine sahip anaçlar, besin ve su alımındaki verimlilikleri sayesinde genellikle daha uzun ömürlüdür ve ağaçların tüm yaşam döngüsü boyunca sağlığını destekler (Kyriacou vd., 2017; Iwasaki vd., 2011). Bodur anaçlar ise bazı durumlarda sınırlı kök mimarisi ve aşı uyumsuzluğu nedeniyle daha kısa ömürlü olabilmekte, bu da ilerleyen yıllarda canlılığın azalmasına neden olabilmektedir (Castel ve Phillips, 1980; Yılmaz vd., 2016; Öztürk, 2021)

4. CEVİZ ANAÇLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ VE ISLAH ÇALIŞMALARI

Ceviz yetiştiriciliğinde anaç kullanımının tarihsel gelişimi, özellikle ABD ve Avrupa'da yürütülen ıslah programlarıyla birlikte, fidan anaçlarından klonal anaçlara doğru belirgin bir dönüşüm süreci göstermektedir. İlk dönemlerde ceviz ağaçları çoğunlukla tohumdan veya tohumda yetiştirilen anaçlar (çöğür) üzerine aşılanmakta; bu da bahçelerde önemli ölçüde genetik ve fenotipik heterojenlik oluşturmaktaydı (Ölez, 1971; Şen, 1980; Akça, 1993; Muradoğlu 2005)

1900'lü yılların başında Luther Burbank tarafından geliştirilen melezler, bu alandaki ilk önemli atılımlardan biridir. Özellikle *Juglans hindsii* × *J. regia* kombinasyonundan elde edilen "Paradox" anaçları, yüksek canlılıkları ve uyum yetenekleri sayesinde yenilebilir ceviz çeşitlerinin aşılanmasında yaygın şekilde kullanılmıştır (Cseke vd., 2022; Saxe vd., 2024). Zamanla Paradox melezleri ticari üretimde baskın hâle gelmiş ve Kaliforniya'daki ticari ceviz bahçelerinin yaklaşık %80'inin bu anaçlara dayandığı rapor edilmiştir (Baumgartner vd., 2013; Ramasamy vd., 2021).

Bununla birlikte fidan anaçlarının *Armillaria* kök çürüklüğü ve *Phytophthora* türleri gibi bazı hastalıklara karşı gösterdiği direnç her zaman yeterli ve tutarlı olmamış; bu durum anaç ıslahında daha ileri geliştirmeler yapılması gereğini doğurmuştur (Baumgartner vd., 2013; Ramasamy vd., 2021). 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren eşeysiz çoğaltma yoluyla üretilebilen klonal anaçlara yönelim hız kazanmış ve RX1, VX211 gibi modern klonlar daha öngörülebilir büyüme özellikleri ve gelişmiş hastalık dirençleriyle ön plana çıkmıştır (Vitale vd., 2021; Hasey vd., 2025).

Hem ABD'de hem de Avrupa'da yürütülen anaç ıslah ve seleksiyon programları, melez anaçların performansını artırmayı hedefleyen kapsamlı çalışmalar içermektedir. *Juglans microcarpa* × *J. regia* melezi olan RX1, kuraklık ve çeşitli toprak kökenli hastalıklara karşı olumlu direnç profili sergilerken (Vahdati vd., 2021; Zaini vd., 2021), VX211 özellikle zorlayıcı çevresel koşullar altında gösterdiği güçlü fizyolojik tepkilerle önemli bir alternatif olarak dikkat çekmektedir (Momayyezi vd., 2025). Avrupa'da ise yerel germplazmanın anaç geliştirme süreçlerine entegrasyonu ile adaptasyon yeteneği ve hastalık direncinin birlikte artırılması amaçlanmaktadır (Cseke vd., 2022; Baumgartner vd., 2013).

Genel olarak ceviz anaç kullanımının evrimi, bahçecilikte genetik çeşitliliği ve dayanıklılığı artırmaya yönelik daha geniş bir eğilimin parçası olarak değerlendirilebilir. Toprak kaynaklı hastalıkların ve iklim değişikliğinin ceviz yetiştiriciliği için oluşturduğu riskler göz önüne alındığında, sürdürülen anaç geliştirme programlarının küresel ceviz üretiminin geleceğinin güvence altına alınmasında kilit rol oynamaya devam edeceği açıktır.

5. CEVİZ ANAÇLARININ SINIFLANDIRILMASI

Ceviz anaçları, üretim ve yetiştiricilik açısından üç temel başlık altında sınıflandırılabilir:

(i) tür kökeni,

(ii) çoğaltım yöntemi ve

(iii) kullanım amacı.

Bu sınıflandırma, belirli yetiştirme koşullarına ve üretim hedeflerine en uygun anaçların seçilmesini kolaylaştırmaktadır.

5.1. Tür Kökenine Göre Sınıflandırma

Tür kökenine göre ceviz anaçları, başlıca *Juglans* türleri ve türler arası melezler şeklinde ele alınmaktadır. En yaygın kullanılan tipler:

- *Juglans regia* (Anadolu/ İran/Avrupa cevizi),
- *Juglans hindsii* (Kuzey Kaliforniya kara cevizi),
- *Juglans nigra* (kara ceviz),
- *J. hindsii* × *J. regia* melezleri (Paradox),
- Bazı bölgelerde *Pterocarya stenoptera* gibi yakın akraba türler.

Paradox melezleri, özellikle *Phytophthora cinnamomi* gibi önemli patojenlere karşı üstün performans ve hastalık direnci göstermeleriyle öne çıkmaktadır (Vitale vd., 2021; Song vd., 2019). Çoğu melez anaç, geleneksel türlere kıyasla daha iyi büyüme özellikleri sergileyerek verim ve bitki performansını olumlu yönde etkilemektedir (Li vd., 2025).

5.2. Çoğaltma Yöntemine Göre Sınıflandırma

Ceviz anaçlarının çoğaltım yöntemi, elde edilen fidanların homojenliği ve üretim başarısı üzerinde doğrudan etkilidir. Tarihsel olarak tohumla çoğaltma (Çöğür/Yoz) yaygın olmakla birlikte, bu yöntem fidanlar arasında önemli genetik ve morfolojik farklılıklara yol açmaktadır (Lou vd., 2024). Buna karşın, aşılama ve in vitro mikroçoğaltma gibi vejetatif çoğaltım

teknikleri, üstün özelliklere sahip klonal anaçların seri üretimini mümkün kılmaktadır.

Dilçikli, Yama, yonga ve kalkan aşıları gibi yöntemlerin başarı oranları çevre koşulları ve anaç–kalem uyumuna göre değişmektedir (Sadeghi-Majd vd., 2022; Nosrati & Khadivi-Khub, 2014). Biyoteknolojideki ilerlemelerle birlikte, özellikle *J. hindsii* × *J. regia* melezlerinden tek tip anaç üretiminde in vitro mikroçoğaltma tekniklerinin kullanımının arttığı belirtilmektedir (Paunović vd., 2012; Ribeiro vd., 2022).

5.3. Kullanım Amacına Göre Sınıflandırma

Ceviz anaçlarının kullanım amacı; hastalık direnci, büyüme kontrolü, verim artışı ve çevresel streslere dayanıklılık gibi üretim açısından kritik özelliklere dayanır. Özellikle Phytophthora türlerine karşı direnç gösteren anaçlar, bu patojenlerin yoğun olduğu bölgelerde ceviz üretimi için yaşamsal önem taşımaktadır (Vitale vd., 2021; Vahdati vd., 2022).

Bazı anaçlar ağaç canlılığını düzenlemek, taç boyunu kontrol altında tutmak, erken verimi teşvik etmek üzere geliştirilmekte ve bu özellikler özellikle yüksek yoğunluklu dikim sistemlerinde avantaj sağlamaktadır (Browne vd., 2011). Kuraklık toleransı yüksek anaçların seçimi ise değişen iklim koşullarına uyumu güçlendirerek su kullanımının optimize edilmesine ve sürdürülebilir ceviz üretimine katkı sağlamaktadır (Vahdati & Mohseniazar, 2016; Momayyezi vd., 2025).

6. BAŞLICA CEVİZ ANAÇLARI VE ÖZELLİKLERİ

Literatürde ceviz üretiminde öne çıkan temel anaçlar genel olarak şu şekilde sıralanmaktadır:

- Paradox *(J. hindsii* × *J. regia),*
- *Juglans nigra* (kara ceviz),
- *Juglans regia* fidan anaçları*,*

- *J. hindsii* kökenli anaçlar ve hibritler,
- Fernette ve Fernor (Fern anaçları),
- RX1 ve VX211 gibi modern klonal melezler,
- Bazı bölgelerde *Pterocarya stenoptera.*

Bu anaçlar, farklı ceviz çeşitlerinin aşılanmasında yaygın olarak kullanılmakta ve sahip oldukları özelliklere göre üretim sistemlerinde spesifik roller üstlenmektedir.

6.1. *Juglans regia* fidan anaçları

Juglans regia, yaygın olarak "Anadolu, İngiliz veya İran cevizi" olarak bilinir ve hem tarımsal değeri hem de ekolojik katkıları nedeniyle geniş yayılış alanına sahiptir. Bu türün tohumlarından elde edilen çöğür/yoz anaçları, yüksek kaliteli ceviz üretiminde kullanılan aşılı çeşitlerin çoğaltılmasında temel bir materyal olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır.

Bu anaçlar farklı ceviz çeşitleriyle yüksek uyumluluk, güçlü büyüme ve iyi ağaç gelişimi ve geniş yetiştirme alanlarına adaptasyon gibi avantajlara sahiptir. Bununla birlikte, ceviz yetiştiriciliğinde en yaygın kullanılan anaçlardan birinin *J. regia* × *J. hindsii* melezi olan Paradox olduğu ve bu melezin çoğu zaman daha yüksek büyüme performansı ve hastalık direnci sunduğu belirtilmektedir (Ramasamy vd., 2021).

Ekolojik olarak *J. regia* geniş kök sistemi ve organik madde açısından zengin yaprak döküntüleri sayesinde toprak yapısını iyileştirir, biyolojik çeşitliliği destekler ve yaban hayatı için habitat oluşturur (Wang vd., 2024). Ancak anaç kullanımında siyah çizgi hastalığı bazı patojenlere karşı hassasiyeti, belirli bölgelerde kullanımını kısıtlayabilmekte; toprak kaynaklı hastalıkların yoğun olduğu alanlarda alternatif anaçlara yönelmeyi gerektirebilmektedir (Wang vd., 2024; Fang vd., 2021).

Genel olarak *J. regia* fidan anaçları, modern ceviz yetiştiriciliğinin önemli bileşenlerinden biri olmaya devam etmekte; güçlü büyüme özellikleri ve

ekolojik katkıları ile hem tarımsal verimlilik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

6.2. Paradox Anaçları

Paradox anaçları*, J. hindsii* (Kuzey Kaliforniya kara cevizi) ile *J. regia*'nın melezinden oluşan ve özellikle Kaliforniya'da ceviz yetiştiriciliğinde büyük öneme sahip olan anaçlardır. Bu melez, çeşitli toprak kaynaklı patojenlere karşı sağladığı görece yüksek direnç sayesinde ticari *J. regia* üretiminin başarısını önemli ölçüde artırmaktadır (Trouern-Trend vd., 2020). Paradox anaçlarının öne çıkan özellikleri:

- Farklı toprak tiplerine iyi adaptasyon,
- Zayıf toprak koşullarında dahi gelişebilme kapasitesi,
- Hızlı büyüme ve yüksek canlılık,
- *Phytophthora* türlerine karşı üstün performans.

Bununla birlikte Paradox anaçlarının *Armillaria* kök çürüklüğüne karşı hassasiyet gösterebildiği, bu nedenle AX1, Px1, RR4 11A, RX1, Vlach ve VX211 gibi klonların bu hastalığa direnç düzeyleri açısından ayrı ayrı değerlendirildiği bildirilmektedir (Baumgartner vd., 2013).

Paradox anaçlarının su baskını (waterlogging) gibi aşırı toprak nemi koşullarına karşı ana türlere göre daha yüksek tolerans gösterdiği ve değişken çevresel zorluklarla mücadele eden yetiştiriciler için önemli bir avantaj sunduğu bildirilmiştir (McKenna & Epstein, 2003). Paradox'un genetik yapısı, hastalık direnci ve çevresel stres toleransı yüksek yeni anaçların geliştirilmesinde ıslah programları açısından stratejik bir önem taşımaktadır (Belisario vd., 2009).

6.3. Vlach Anaçları

Melezleme sonucu geliştirilen Vlach anaçları, arzu edilen çok sayıda özelliği bir araya getirmeleri nedeniyle modern ceviz yetiştiriciliğinde önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Özellikle Phytophthora türleri gibi toprak

kaynaklı patojenlere karşı belirli düzeyde direnç gösterdikleri bildirilmektedir. Vlach, RX1 ve VX211 gibi klonal anaçlar arasında direnç mekanizmalarının farklılık gösterdiği ve patojen varlığında aktive olan savunma yanıtlarının enfekte toprak koşullarında bitki sağlığının korunmasında kritik rol oynadığı vurgulanmaktadır (Alvarado vd., 2020).

Vlach anacı:

- Dikkate değer büyüme gücü,
- Gelişmiş kök kütlesi ve su ilişkileri,
- Stres koşullarında fidan canlılığını koruma gibi özellikleriyle ön plana çıkmaktadır (Momayyezi vd., 2025; Browne vd., 2015; Ribeiro vd., 2022).

Hafif ve kireçli topraklar da dâhil olmak üzere farklı toprak tiplerine adaptasyonu iyidir ve bu başarı, besin ve su alımını artıran güçlü kök yapısı ile ilişkilendirilmektedir (Browne vd., 2015; Zhang vd., 2018).

Phytophthora kök çürümesine karşı yüksek düzeyde tolerans, Vlach anacını özellikle hastalık baskısının yoğun olduğu bölgelerde değerli kılmaktadır (Alvarado vd., 2020; İkinci vd., 2014). Bu özellikler, çevresel streslerin ve patojen baskısının arttığı modern tarım koşullarında Vlach'ı sürdürülebilir ceviz üretimi için önemli bir bileşen hâline getirmektedir.

6.4. RX1 Anaçları

J. microcarpa × *J. regia* melezi olan RX1, özellikle *Ph*ytophthora ve *Armillaria* gibi önemli patojenlere karşı gösterdiği direnç, orta düzeyde büyüme gücü ve tuzluluk toleransı sayesinde son yıllarda dikkat çeken anaçlardan biridir.

Çalışmalar, RX1'in:

- *P. citricola*'ya karşı orta düzeyde,
- *P. cinnamomi*'ye karşı ise belirgin düzeyde direnç gösterdiğini ortaya koymuştur (Browne vd., 2015).

Ramasamy vd. (2021), RX1 gibi türler arası melezlerin toprak kaynaklı hastalıkların yönetiminde etkin araçlar olduğunu vurgulayarak bu anacın ticari ceviz üretimindeki önemini teyit etmektedir.

RX1'in tuzluluk toleransı, özellikle toprak tuzluluğunun yaygın olduğu üretim alanlarında büyük avantaj sağlar. Bu özellik, kök sağlığının korunmasına ve ağaç stabilitesine katkıda bulunarak zor koşullarda dahi kaliteli ceviz üretimini mümkün kılar (Ramasamy vd., 2021). Orta kuvvetli büyüme gücü ise ağaç boyu ve ürün veriminin dengeli yönetilmesine imkân tanıyarak yoğun dikim sistemleri için uygun bir yapı sunmaktadır (Browne vd., 2015).

6.5. VX211 Anaçları

VX211 anaçları, nematodlara karşı yüksek dayanıklılıkları, güçlü büyüme özellikleri ve su stresine toleransları ile modern ceviz yetiştiriciliğinde öne çıkan diğer önemli klonal melezlerdendir. *J. hindsii* × *J. regia* kökenli bu anaç, özellikle nematod baskısının yüksek olduğu bölgelerde üretim güvenliğini artırmaktadır (Momayyezi vd., 2025).

VX211'in kuvvetli ve iyi dallanmış kök sistemi, etkin su ve besin alımı ve kuraklık koşullarında gelişmiş fizyolojik adaptasyonları önemli avantajlar sunar (Wang vd., 2019; Tuwei vd., 2008). Gelişmiş stoma kontrolü ve verimli kök mimarisi, su kısıtının yaşandığı dönemlerde bitkinin hidrasyonunu koruyarak büyüme ve besin akışının sürdürülmesine yardımcı olur (Xu & Ediger, 2021; Bikdeloo vd., 2021). Toprak profilinin derinlerine ulaşan kök yapısı, arid ve yarı-arid iklim koşullarında VX211'i özellikle değerli bir anaç hâline getirmektedir (Cuneo vd., 2020).

6.6. Fern Anaçları: Fernette Ve Fernor

Ceviz (*J. regia*) yetiştiriciliği için özel olarak geliştirilen Fern anaçları (Fernette ve Fernor), *Juglans microcarpa* ve *J. regia*'nın çaprazlanmasıyla elde edilen hibrit tiplerdir. Bu melezlerin, kök çürümesine neden olan *Phytophthora*

türlerine karşı orta düzeyde direnç gösterdiği ve özellikle değişken toprak ve iklim koşullarına adaptasyonu artırmak amacıyla geliştirildiği bildirilmektedir (Browne vd., 2015; Vahdati vd., 2021).

Fern anaçları:

- Zararlı ve hastalıklara karşı sağladıkları direnç sayesinde pestisit kullanımını azaltma,
- Güçlü kök sistemleri ile besin alımını artırma,
- Aşılı çeşitlerde büyüme performansı ve verimliliği iyileştirme gibi avantajlar sunmaktadır (Browne vd., 2015; Vahdati vd., 2021).

Buna karşın bazı çeşitlerle aşı uyumsuzluğu yaşanabilmesi ve aşırı çevresel streslere karşı hassasiyet gösterebilmeleri, yetiştiricilik sırasında dikkatli yönetim gerektirmektedir (Habibi vd., 2022; Barrueto vd., 2017).

6.7. *Juglans Hindsii* ve Türevleri

Kuzey Kaliforniya kara cevizi olarak bilinen *J. hindsii*, özellikle *J. regia* ile melezlendiğinde Paradox anacı şeklinde modern ceviz yetiştiriciliğinin temel taşlarından biri hâline gelmiştir. Doğal yayılışı Kuzey Kaliforniya olan bu tür, güçlü büyüme gücü, farklı toprak tiplerine uyum yeteneği ve kuraklığa dayanıklılığı ile önemli bir anaç potansiyeli taşımaktadır (Ma vd., 2019; Vitale vd., 2021; Baumgartner vd., 2013; Song vd., 2019).

J. hindsii kökenli hibrit anaçlar:

- Güçlü kök sistemleri sayesinde aşı kaleminin performansını artırmakta,
- *Phytophthora* kök çürümesine karşı önemli düzeyde direnç göstermekte,
- İdeal olmayan toprak koşullarında bile tatmin edici büyüme sağlayabilmektedir (Browne vd., 2011; Ramasamy vd., 2021; Lou vd., 2024; Migicovsky & Myles, 2017).

Kaliforniya'daki ceviz bahçelerinin büyük çoğunluğunun Paradox anaçları üzerine kurulmuş olması, bu anaçların ticari yetiştiricilikteki önemini açıkça ortaya koymaktadır (Baumgartner vd., 2013; Liang vd., 2024). Paradox ve diğer *J. hindsii* türevleri, aşı uyumluluğu, büyüme performansı ve meyve üretiminde istikrar gibi özellikleriyle sürdürülebilir ceviz yetiştiriciliği stratejilerinin temel bileşenleri arasında yer almaktadır.

6.8. *Juglans Nigra* (Kara Ceviz)

Kara ceviz (*J. nigra*), özellikle soğuk iklimlere adaptasyon yeteneği ve güçlü kök sistemi ile anaç olarak dikkat çekmektedir. Araştırmalar, bu türün soğuk stresine dayanıklılık gösterdiğini ve sıcaklık dalgalanmalarının yoğun olduğu bölgelerde başarıyla yetiştirilebildiğini ortaya koymaktadır (Ebrahimi vd., 2020).

Büyüme hızı *J. regia* gibi diğer ceviz türlerine kıyasla daha yavaş olmakla birlikte, bu görece yavaş büyüme derin ve kuvvetli kök sistemlerinin oluşmasına katkı sağlayarak kötü toprak koşullarında su ve besin kullanım verimliliğini artırabilmektedir (Kowalczyk vd., 2022). Öte yandan genç bireylerin hızlı büyüyen türler ve yabancı otlarla rekabet edebilmesi için özenli bakım gerekmektedir.

*J. nigra'*nın anaç olarak kullanımında en önemli kısıtlayıcı husus, aşı uyuşmazlığı riskidir. Aşı uyuşmazlığı; zayıf büyüme, gelişme geriliği ve bitki kaybına kadar uzanan sorunlara yol açabilmekte ve bu durum aşı bölgesindeki doku uyuşmazlıkları ile türler arası fizyolojik farklılıklardan kaynaklanabilmektedir (Rasool vd., 2020; Habibi vd., 2022; Vítámvás vd., 2020). Bu nedenle *J. nigra* ile yapılacak kombinasyonların dikkatle değerlendirilmesi ve uyumlu çiftlerin belirlenmesine yönelik ileri araştırmalar önem taşımaktadır.

7. *Juglans regia* İçin Anaç Seçim Kriterleri

Ceviz yetiştiriciliğinde, özellikle *J. regia* için uygun anaç seçimi, bahçe performansını ve uzun vadeli üretim başarısını belirleyen kritik bir süreçtir. Anaç seçimi, aşağıdaki temel unsurların bütüncül olarak değerlendirilmesini gerektirir:

7.1. Aşı uyumluluğu

Anaç ile kalem arasındaki uyum, sağlıklı büyüme ve uzun ömür için vazgeçilmezdir. Aşı uyuşmazlığı; büyüme geriliği, fizyolojik bozukluklar ve kimi zaman aşılanan bitkinin erken ölümü gibi ciddi sorunlara yol açabilmektedir (Piña vd., 2017). Aşı noktasındaki anatomik ve fizyolojik etkileşimlerin sağlıklı bir bağ kurmasına özen gösterilmeli; belirli ceviz çeşitleriyle uyumluluğu kanıtlanmış anaçlar tercih edilmelidir. Aşı bölgesindeki doku uyuşmazlıklarından kaynaklanan siyah çizgi hastalığı (black line) aşı uyuşmazlığı olmayan anaç seçilmeli (Şen, 1986; Akça, 2016). Fenotipik gözlemlerle birlikte genetik belirteçlerin kullanımı, uyumluluğun öngörülmesine katkı sağlayabilmektedir (Piña vd., 2017) ile türler arası fizyolojik farklılıklardan kaynaklanabilmektedir.

7.2. Hastalık direnci

Ceviz üretiminde ciddi kayıplara neden olabilen *Phytophthora* türleri ve diğer toprak kaynaklı patojenlere karşı dayanıklılık, anaç seçiminde temel gerekliliklerdendir (Bernard vd., 2017). Paradox gibi bazı melez anaçlar bu tür patojenlere karşı geliştirilen direnç özellikleri sayesinde öne çıkmaktadır. Dayanıklı anaçların kullanımı, bahçe ömrünün uzatılmasına ve verimliliğin korunmasına önemli katkı sağlar.

7.3. Çevresel streslere dayanıklılık

Hem biyotik (zararlılar, patojenler) hem de abiyotik (kuraklık, tuzluluk, düşük kaliteli toprak vb.) streslere karşı tolerans, özellikle iklim değişikliğinin etkilerinin belirginleştiği günümüzde anaç seçiminde göz ardı edilemeyecek bir kriterdir (Yang vd., 2022). RX1 ve VX211 gibi anaçların kuraklığa dayanıklılıkları ve güçlü büyüme performansları, iklim değişikliğinin ceviz üretimi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmada önemli avantajlar sunmaktadır (Bernard vd., 2017; Momayyezi vd., 2025). Dikim yapılacak alanın mikroiklim özelliklerinin ayrıntılı analizi, uygun anaçların belirlenmesini kolaylaştırır (Stott vd., 2019).

7.4. Besin alım kapasitesi ve büyüme performansı

Güçlü kök sistemine sahip anaçlar, su ve besin alımını artırarak hem vegetatif büyümeyi hem de meyve üretimini destekler (Olson & Ramos, 1997). Bu nedenle fizyolojik performansı yüksek anaçlar, yüksek verim ve sağlıklı büyüme hedefleyen modern ceviz bahçeleri için öncelikli tercih edilmelidir.

Genel olarak, uygun bir ceviz anacının seçimi; aşı uyumluluğu, hastalık direnci, çevresel streslere dayanıklılık ve beslenme kapasitesinin birlikte değerlendirilmesini içerir. Bu unsurlar doğru şekilde bir araya getirildiğinde, ceviz bahçelerinde uzun vadeli başarı ve verimlilik önemli ölçüde artırılabilmektedir.

8. GÜNCEL ARAŞTIRMALAR VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Ceviz anaçları üzerine yürütülen güncel araştırmalar, özellikle genom destekli ıslah tekniklerinin kullanılmasıyla hastalıklara dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi ve anaç–çevre etkileşimlerinin daha iyi anlaşılması yönünde önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Anaçlar, bahçe yönetiminde verimliliği, hastalık direncini ve iklim değişikliğine uyumu doğrudan etkileyen temel

bileşenler olduğu için modern yetiştiricilik sistemlerinde anaç geliştirme çalışmaları giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Son çalışmalar, *J. hindsii, J. major, J. microcarpa, J. cathayensis* ve *J. ailantifolia* gibi ceviz türlerinin, hastalık direnci açısından önemli genetik kaynaklar sunduğunu göstermektedir. Bu türler, kök boğazı urları ve *Phytophthora* çürüklüğü gibi yıkıcı patojenlere karşı direnç kazandırmaya yönelik ıslah programlarında ümit verici sonuçlar vermiştir (Migicovsky ve Myles, 2017). İşaretleyici destekli seleksiyon (MAS) için geliştirilen haritalama popülasyonları, istenen özelliklerin daha hızlı ve doğru biçimde belirlenmesini sağlayarak ıslah programlarının etkinliğini artırmaktadır.

Moleküler işaretleyicilerin kullanımı, güçlü köklenme, yüksek adaptasyon kapasitesi ve üstün büyüme performansı gibi özelliklere sahip anaçların seçilmesini kolaylaştırmaktadır. Genetik anlayıştaki gelişmeler, kök yapısı, besin alım verimliliği ve stres toleransı gibi sürdürülebilir üretim açısından kritik özelliklerin iyileştirilmesine imkân tanımaktadır (Pijut vd., 2007). Bunun yanı sıra, rolABC genleri gibi belirli genlerin hibrit anaçlara biyoteknolojik yöntemlerle aktarılması, büyüme ve çevresel adaptasyonun geliştirilmesinde genetik mühendisliğinin potansiyelini ortaya koymaktadır (Pijut vd., 2007).

Geleceğe dönük değerlendirmeler, ceviz bahçelerinin sürdürülebilir yönetiminin iklim değişikliğinin getirdiği aşırı sıcaklıklar, kuraklık ve düzensiz yağış rejimleri gibi zorlukları da dikkate alması gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle araştırmacılar, yalnızca stres altında hayatta kalabilen değil, aynı zamanda ağaç canlılığını ve meyve kalitesini artıran anaçların geliştirilmesine odaklanmaktadır. Geleneksel ıslahın modern genomik yaklaşımlarla entegrasyonu, geleceğin çevresel koşullarına uyum sağlayabilecek ileri nesil anaçların geliştirilmesini mümkün kılmaktadır (Migicovsky ve Myles, 2017).

Gelecekteki potansiyel araştırma alanları arasında ceviz anaçları ile toprak mikroorganizmaları arasındaki simbiyotik ilişkilerin incelenmesi de yer

almaktadır. Bu tür faydalı etkileşimler, kök sağlığını ve genel ağaç dayanıklılığını artırma potansiyeli taşımaktadır (Migicovsky ve Myles, 2017; Pijut vd., 2007).

9. GENEL DEĞERLENDİRME

Ceviz yetiştiriciliğinin önemi, besinsel değeri yüksek ürünler sağlamanın ötesine geçerek ekonomik sürdürülebilirlik, ekosistem hizmetleri ve iklim değişikliğine uyum gibi birçok boyutu kapsamaktadır. Bu çerçevede anaçlar, ceviz bahçeciliğinin merkezinde yer alan stratejik bileşenlerdir. Doğru anaç seçimi; büyüme, verim, meyve kalitesi, hastalık ve stres toleransı ile ağaç ömrünü belirleyen ana faktörlerden biridir.

Geleneksel generatif anaçlarından klonal melez anaçlara uzanan tarihsel süreç, ceviz yetiştiriciliğinde homojenlik, öngörülebilirlik ve hastalık direncinin önemini ortaya koymuştur. Paradox, Vlach, RX1, VX211, Fernette ve Fernor gibi modern anaçlar; genetik olarak tanımlanmış, belirli hastalık ve streslere karşı daha dayanıklı ve farklı yetiştiricilik sistemlerine uyum sağlayabilen materyaller olarak ceviz üretiminde önemli yer edinmiştir. *Juglans* türlerinin genetik kaynak olarak kullanımı ve genomik araçların ıslah programlarına entegrasyonu, geleceğin ceviz anaçlarının daha yüksek performans ve dayanıklılık sunmasına olanak sağlayacaktır.

Zararlılar, hastalıklar ve iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerinde yarattığı baskı göz önüne alındığında; biyoteknoloji, geleneksel ıslah yöntemleri ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını bir araya getiren bütüncül bir yaklaşım, ceviz yetiştiriciliğini geleceğe taşımanın anahtarı olarak görünmektedir. Bu bağlamda ceviz anaçlarına yönelik disiplinler arası araştırmaların sürdürülmesi, daha dayanıklı, verimli ve çevreyle uyumlu ceviz bahçeleri kurulmasına zemin hazırlayacaktır.

KAYNAKÇA

Akça Y & Yıldız K (1995). Ceviz yetiştiriciliğinde saçak köklü tüplü çöğür ve fidan yetiştirme üzerine bir araştırma. II. Ulusal Bahçe Kongresi Bildirileri. 470-4. 3-6 Ekim 1995. Adana.

Akça Y (2016). Ceviz Yetiştiriciliği (8. Baskı). 328 s., Anıt Matbaası. Ankara.

Akça Y, Şimşek H, Çekiç Ç, Ünlükara A & Muradoğlu F. (2017). Effects of salt and water stress on walnut of the leaf nutrıent accumulatıon. *Journal of International Scientific Publications 5*, 1314-8591.

Akça, Y. (2008). Ceviz yetiştiriciliğinde klonal anaç kullanımı. Türkiye IV. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildirileri, 1–6.

Akça, Y., (1993). Gürün Cevizlerinin (*Juglans regis L.)* Seleksiyon Yolu ile Islahı Üzerinde Araştırmalar (Doktora tezi), Y.Y.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Van

Alvarado, L., Saa, S., Cuneo, I., Pedreschi, R., Morales, J., Larach, A., … & Besoaín, X. (2020). A comparison of immediate and short-term defensive responses tophytophthoraspecies infection in both susceptible and resistant walnut rootstocks. *Plant Disease, 104*(3), 921-929. https://doi.org/10.1094/pdis-03-19-0455-re

Barón, D., Amaro, A., Macedo, A., Boaro, C., & Ferreira, G. (2017). Physiological changes modulated by rootstocks in atemoya (*Annona x Atemoya mabb*.): gas exchange, growth and ion concentration. *Brazilian Journal of Botany, 41(*1), 219-225. https://doi.org/10.1007/s40415-017-0421-0

Barrueto, A., Merz, J., Hodel, E., & Eckert, S. (2017). The suitability of Macadamia and *Juglans* for cultivation in Nepal: an assessment based on spatial probability modelling using climate scenarios and in situ data. *Regional Environmental Change, 18*(3), 859-871. https://doi.org/10.1007/s10113-017-1225-2

Baryła, P., Kapłan, M., & Krawiec, M. (2014). The effect of different types of rootstock on the quality of maiden trees of sweet cherry *(Prunus avium l.) cv. 'regina'. Acta Agrobotanica, 67*(4), 43-50. https://doi.org/10.5586/aa.2014.051

Baumgartner, K., Fujiyoshi, P., Browne, G., Leslie, C., & Kluepfel, D. (2013). Evaluating paradox walnut rootstocks for resistance to *Armillaria* root disease. *Hortscience, 48*(1), 68-72. https://doi.org/10.21273/hortsci.48.1.68

Belisario, A., Galli, M., & Wajnberg, É. (2009). Evaluation of *Juglans* species for resistance to *Phytophthora cinnamomi*: differences in isolate virulence and response to fosetyl-al. *Forest Pathology, 39*(3), 168-176. https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2008.00573.x

Bernard, A., Lheureux, F., & Dirlewanger, E. (2017). Walnut: past and future of genetic improvement. *Tree Genetics & Genomes, 14*(1). https://doi.org/10.1007/s11295-017-1214-0

Bikdeloo, M., Colla, G., Rouphael, Y., Hassandokht, M., Soltani, F., Salehi, R., … & Cardarelli, M. (2021). Morphological and physio-biochemical responses of watermelon grafted onto rootstocks of wild watermelon [*Citrullus colocynthis (l.) schrad*] and commercial interspecific cucurbita hybrid to drought stress. *Horticulturae, 7*(10), 359. https://doi.org/10.3390/horticulturae7100359.

Bogdanovic, B., Bijelić, S., Gološin, B., & Kulačanin, D. (2019). New technology (in situ grafting) for faster production of walnut (*Juglans regia l.*). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 43(6), 538-543. https://doi.org/10.3906/tar-1902-34

Browne, G., Grant, J., Schmidt, L., Leslie, C., & McGranahan, G. (2011). Resistance to *Phytophthora* and graft compatibility with Persian walnut among selections of Chinese wingnut. *Hortscience, 46*(3), 371-376. https://doi.org/10.21273/hortsci.46.3.371

Browne, G., Leslie, C., Grant, J., Bhat, R., Schmidt, L., Hackett, W., … & McGranahan, G. (2015). Resistance to species of *Phytophthora* identified among clones of *Juglans microcarpa* × *J. regia*. *Hortscience, 50*(8), 1136-1142. https://doi.org/10.21273/hortsci.50.8.1136

Browne, G., Prichard, T., Schmidt, L., & Krueger, W. (2011). Evaluation of phosphonate treatments for control of *Phytophthora* crown rot of walnut. *Plant Health Progress, 12*(1). https://doi.org/10.1094/php-2011-0601-01-rs

Castel, W. S. & Phillips, R. L. (1980). Performance of 'Marsh' Grapefruit and 'Valencia' Orange Trees on Eighteen Rootstocks in a Closely Spaced Planting. Journal of the American Society for Horticultural Science, 105(4), 496–499. https://doi.org/10.21273/JASHS.105.4.496

Catlin, P., Martin, G., & Olsson, E. (1977). Differential sensitivity of *Juglans hindsii, J. regia,* Paradox hybrid, and *Pterocarya stenoptera* to waterlogging. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 102*(2), 101-104. https://doi.org/10.21273/jashs.102.2.101

Chen, X., Guo, P., Wang, Z., Liang, J., Guo-hu, L., He, W., … & Zhen, A. (2022). Grafting improves growth and nitrogen-use efficiency by enhancing no3- uptake, photosynthesis, and gene expression of nitrate transporters and nitrogen metabolizing enzymes in watermelon under low nitrogen.https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1231866/v1

Clearwater, M., Lowe, R., Hofstee, B., Barclay, C., Mandemaker, A., & Blattmann, P. (2004). Hydraulic conductance and rootstock effects in grafted vines of kiwifruit. *Journal of Experimental Botany, 55*(401), 1371-1382. https://doi.org/10.1093/jxb/erh137

Cseke, K., Bujdosó, G., Báder, M., Mertl, T., Benke, A., & Kámpel, J. (2022). Genetic identification of hybrid walnuts (*Juglans* × *Intermedia carr*.) in hungary, the hidden potential for future breeding. *Sustainability, 14*(8), 4782. https://doi.org/10.3390/su14084782

Cuneo, I., Barrios-Masias, F., Knipfer, T., Uretsky, J., Reyes, C., Lenain, P., … & McElrone, A. (2020). Differences in grapevine rootstock sensitivity and recovery from drought are linked to fine root cortical lacunae and root tip function. *New Phytologist, 229*(1), 272-283. https://doi.org/10.1111/nph.16542

Dalbó, M., Schuck, Ê., & Basso, C. (2011). Influence of rootstock on nutrient content in grape petioles. *Revista Brasileira De Fruticultura, 33*(3), 941-947. https://doi.org/10.1590/s0100-29452011005000092

Dao, M., Zhang, Z., Yin, X., Wang, J., Qin, Y., Yu, L., & Wu, T. (2025). CsAFS1 Enhances the Self-Resistance of Tea Plants by Promoting Terpenoid Accumulation. *Physiologia Plantarum, 177*(4), e70430.

Ebrahimi, A., Lawson, S., McKenna, J., & Jacobs, D. (2020). Morpho-physiological and genomic evaluation of Juglans species reveals regional maladaptation to cold stress. *Frontiers in Plant Science, 11*. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00229

Fang, H., Liu, X., Dong, Y., Feng, S., Zhou, R., Wang, C., … & Yang, K. (2021). Transcriptome and proteome analysis of walnut (*Juglans regia l.)* fruit in response to infection by *Colletotrichum gloeosporioides*. *BMC Plant Biology, 21*(1). https://doi.org/10.1186/s12870-021-03042-1

Fernandes, C., Albuquerque, P., Cruz, L., & Tavares, F. (2018). Genotyping and epidemiological metadata provides new insights into population structure of *Xanthomonas* isolated from walnut trees. https://doi.org/10.1101/397703

Gao, X., Li, H., & Zhao, X. (2020). Impact of land management practices on water use strategy for a dryland tree plantation and subsequent responses to drought. *Land Degradation and Development, 32*(1), 439-452. https://doi.org/10.1002/ldr.3687

Guimarães, M., Garcia, M., Tello, J., Neto, H., Neto, B., & Rabelo, J. (2019). Tomato grafting on rootstock of jilo, cocona and jurubeba. *Horticultura*

Brasileira, 37(2), 138-145. https://doi.org/10.1590/s0102-053620190203

Gündoğdu, M., Yılmaz, H., Muradoğlu, F., Özrenk, K. (2017). Farklı Anaçlar Üzerinde Yetiştirilen Kütahya Vişnesine Ait Meyvelerin Organik Asit ve Fenolik Bileşik İçeriklerinin Hplc ile Belirlenmesi. Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 522-526.

Habibi, F., Liu, T., Folta, K., & Sarkhosh, A. (2022). Physiological, biochemical, and molecular aspects of grafting in fruit trees. *Horticulture Research, 9*. https://doi.org/10.1093/hr/uhac032

Hasey, J., Milliron, L., Fichtner, E., Elkins, R., Reyes, C., Lampinen, B., … & Kluepfel, D. (2025). Orchard validation of resistance to *Agrobacterium tumefaciens* in experimental clonal walnut rootstocks. Plant Health Progress. https://doi.org/10.1094/php-09-24-0091-rs

Iwasaki, M., Fukamachi, H., Satoh, K., Nesumi, H., & Yoshioka, T. (2011). Development of tree vigor prediction method at an early stage based on stem hydraulic conductance of seedlings in citrus rootstocks. Journal of the Japanese *Society for Horticultural Science, 80*(4), 390-395. https://doi.org/10.2503/jjshs1.80.390

İkinci, A., Bolat, İ., Erċışlı, S., & Kodad, O. (2014). Influence of rootstocks on growth, yield, fruit quality and leaf mineral element contents of pear cv. 'Santa maria' in semi-arid conditions. *Biological Research, 47*(1). https://doi.org/10.1186/0717-6287-47-71

Ji, X., Tang, J., Fan, W., Li, B., Bai, Y., He, J., … & Zhang, J. (2022). Phenotypic differences and physiological responses of salt resistance of walnut with four rootstock types. *Plants, 11*(12), 1557. https://doi.org/10.3390/plants11121557

Koshita, Y., Morinaga, K., Tsuchida, Y., Asakura, T., Yakushiji, H., & Azuma, A. (2007). Selection of interstocks for dwarfing Japanese persimmon (*Diospyros kaki thunb.)* trees. *Journal of the Japanese Society for*

Horticultural Science, 76(4), 288-293. https://doi.org/10.2503/jjshs.76.288

Kowalczyk, B., Bieniasz, M., Błaszczyk, J., & Banach, P. (2022). The effect of rootstocks on the growth, yield and fruit quality of hybrid grape varieties in cold climate condition. *Horticultural Science, 49*(2), 78-88. https://doi.org/10.17221/58/2021-hortsci

Kyriacou, M., Rouphael, Y., Colla, G., Zrenner, R., & Schwarz, D. (2017). Vegetable grafting: the implications of a growing agronomic imperative for vegetable fruit quality and nutritive value. *Frontiers in Plant Science, 8*. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00741

Li, B., Liu, Y., Zhang, P., Song, X., Wang, X., Zheng, Z., … & Pei, D. (2025). Rootstock of distant hybrid activates transcription factors of scion cultivar to promote growth and yield in walnut. *Plant Biotechnology Journal, 23*(10), 4302-4317. https://doi.org/10.1111/pbi.70207

Liang, J., Levi, A., & Westphal, A. (2024). Walnut growers want rootstocks that can resist diseases. *California Agriculture, 78*(1). https://doi.org/10.3733/001c.94526

Lou, H., Wang, F., Zhang, J., Wei, G., Wei, J., Hu, H., … & Zhang, Q. (2024). J. *regia* 20 ox 1-transformed rootstocks deliver drought response signals to wild-type scions in grafted walnut. *Horticulture Research, 11*(7). https://doi.org/10.1093/hr/uhae143

Ma, Q., Bu, D., Zhang, J., Wu, Y., & Pei, D. (2019). The transcriptome landscape of walnut interspecies hybrid (*Juglans hindsii* × *Juglans regia*) and regulation of cambial activity in relation to grafting. *Frontiers in Genetics, 10*. https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00577

McKenna, J. & Epstein, L. (2003). Susceptibility of Juglans species and interspecific hybrids to *Agrobacterium tumefaciens*. *Hortscience, 38*(3), 435-439. https://doi.org/10.21273/hortsci.38.3.435

Migicovsky, Z. & Myles, S. (2017). Exploiting wild relatives for genomics-assisted breeding of perennial crops. *Frontiers in Plant Science, 8*. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00460

Momayyezi, M., Knipfer, T., Pérez, M., Kluepfel, D., Wakholi, C., Rippner, D., … & McElrone, A. (2025). Differential impact of commercial rootstocks on the physiological response of a common walnut scion to drought stress. *Physiologia Plantarum, 177*(2). https://doi.org/10.1111/ppl.70188

Muradoglu, F., Balta, F. & Battal, P. (2009). Endogenous hormone levels in bearing and non-bearing shoots of walnut (*Juglans regia L*.) and their mutual relationships. *Acta Physiol Plantar 32*(1):53–57

Muradoglu, F.; Oguz, H.I.; Yildiz, K.; Yilmaz, H. (2010). Some chemical composition of walnut (*Juglans regia L.)* selections from Eastern Turkey. *Afr. J. Agric. Res. 5*, 2379–2385

Muradoğlu, F., (2005). Hakkâri Merkez İlçe ve Ahlat (Bitlis) Yöresinde Tohumdan Yetişmiş Ceviz (*Juglans regia L.)* Populasyonunda Genetik Değişkenlik ve Ümitvar Genotiplerin Seleksiyonu. (basılmamış, doktora tezi), YYÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü. 154 s-Van.

Muradoğlu, F., Çetin, F., Güler, E., (2017). Seben (Bolu) yöresi ceviz (*Juglans regia L.)* yetiştiriciliğinin sorun ve çözüm önerileri üzerine genel bir bakış. Bahçe, 46: 255-260.

Muradoğlu, F., Gündoğdu, M., Ünsal, H., Tüfenkçi, Ş. (2011). Starking Delicious ve Golden Delicious Elma Çeşitlerinin Kimyasal Kompozisyonu Değişimi Üzerine Anacın Etkisi. Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 388-397

Musa, I., Rafii, M., Ahmad, K., Ramlee, S., Hatta, M., Oladosu, Y., … & Halidu, J. (2020). Effects of grafting on morphophysiological and yield characteristic of eggplant (*Solanum melongena l.)* grafted onto wild relative rootstocks. *Plants, 9*(11), 1583. https://doi.org/10.3390/plants9111583

Nečas, T. & Lébl, K. (2013). Evaluation of selected nursery traits in combination rootstocks and variety in asian pear trees. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 60*(8), 171-180. https://doi.org/10.11118/actaun201260080171

Nosrati, Z. & Khadivi-Khub, A. (2014). Effect of different budding methods and times on grafting success of walnut. *Horticultural Science and Technology, 32*(6), 788-793. https://doi.org/10.7235/hort.2014.14002

Olson, W. & Ramos, D. (1997). Characteristics of the California Persian walnut industry. *Hortscience, 32*(6), 980a-980. https://doi.org/10.21273/hortsci.32.6.980a

Ölez, H., (1971). Marmara Bölgesi Cevizlerinin (*Juglans Regia L.)* Seleksiyon Yolu ile Islahı Üzerinde Araştırmalar. ((basılmamış, doktora tezi) Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Merkezi Yalova.

Öztürk, A. (2021). Farklı Anaçlar Üzerine Aşılı 'Deveci'Armudunun Büyüme ve Meyve Kalite Özellikleri. Bağbahçe Bilim Dergisi, 8(3), 179-187.

Paunović, S., Miletić, R., Mitrović, M., & Janković, D. (2012). Graft-take success in walnut under controlled conditions and plant development in the nursery. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 40*(2), 170. https://doi.org/10.15835/nbha4028145

Pijut, P., Woeste, K., Vengadesan, G., & Michler, C. (2007). Technological advances in temperate hardwood tree improvement including breeding and molecular marker applications. In Vitro Cellular & Developmental Biology- *Plant, 43*(4), 283-303. https://doi.org/10.1007/s11627-007-9026-9

Piña, A., Cookson, S., Calatayud, Á., Trinchera, A., & Errea, P. (2017). Physiological and molecular mechanisms underlying graft compatibility., 132-154. https://doi.org/10.1079/9781780648972.0132

Ramasamy, R., Luo, M., Leslie, C., Velasco, D., Ott, N., McClean, A., … & Dvořák, J. (2021). Co-located quantitative trait loci mediate resistance to

Agrobacterium tumefaciens, Phytophthora cinnamomi, and *P. pini* in *Juglans microcarpa* × *J. regia* hybrids. *Horticulture Research, 8*(1). https://doi.org/10.1038/s41438-021-00546-7

Rasool, A., Mansoor, S., Bhat, K., Hassan, G., Baba, T., Alyemeni, M., … & Ahmad, P. (2020). Mechanisms underlying graft union formation and rootstock scion interaction in horticultural plants. *Frontiers in Plant Science, 11*. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.590847

Rezaei, A., Arzani, K., & Sarikhani, S. (2023). The assessments of biochemical characteristics for the superior walnut (*Juglans regia l.)* genotypes. *European Journal of Horticultural Science, 88*(4), 1-12. https://doi.org/10.17660/ejhs.2023/025

Ribeiro, H., Ribeiro, A., Pires, R., Cruz, J., Cardoso, H., Barroso, J., … & Peixe, A. (2022). Ex vitro rooting and simultaneous micrografting of the walnut hybrid rootstock 'Paradox' (*Juglans hindsi* × *Juglans regia*) cl. 'Vlach'. *Agronomy, 12*(3), 595. https://doi.org/10.3390/agronomy12030595

Sadeghi-Majd, R., Vahdati, K., Roozban, M., Arab, M., & Sütyemez, M. (2022). Optimizing environmental conditions and irrigation regimes can improve grafting success in Persian walnut. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 21*(2), 43-51. https://doi.org/10.24326/asphc.2022.2.4

Saxe, H., Walawage, S., Balan, B., Leslie, C., Brown, P., Browne, G., … & Dandekar, A. (2024). Transcriptomic evidence of a link between cell wall biogenesis, pathogenesis, and vigor in walnut root and trunk diseases. *International Journal of Molecular Sciences, 25*(2), 931. https://doi.org/10.3390/ijms25020931

Schwarz, D., Rouphael, Y., Colla, G., & Venema, J. (2010). Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress,

water stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae, 127*(2), 162-171. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.016

Serra, I., Strever, A., Myburgh, P., & Deloire, A. (2013). Review: the interaction between rootstocks and cultivars (*Vitis vinifera l.*) to enhance drought tolerance in grapevine. *Australian Journal of Grape and Wine Research, 20(*1), 1-14. https://doi.org/10.1111/ajgw.12054

Shehata, S., Omar, H., Elfaidy, A., El-Sayed, S., Abuarab, M., & Abdeldaym, E. (2022). Grafting enhances drought stress tolerance by regulating stress-responsive gene expression and antioxidant enzyme activities in cucumbers. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1723166/v1

Song, X., Shengke, X., Zhang, J., Ma, Q., Zhou, Y., Pei, D., … & Zhang, J. (2019). 'Zhong Ning Sheng': a new distant hybrid cultivar of walnut. *Hortscience, 54*(12), 2257-2259. https://doi.org/10.21273/hortsci14276-19

Stott, L., Black, B., & Bugbee, B. (2019). Differences in drought tolerance among Gisela® cherry rootstocks determined using automated weighing lysimeters. *Hortscience, 54(*10), 1847-1852. https://doi.org/10.21273/hortsci14267-19

Syvertsen, J. & Graham, J. (1985). Hydraulic conductivity of roots, mineral nutrition, and leaf gas exchange of citrus rootstocks. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 110*(6), 865-869. https://doi.org/10.21273/jashs.110.6.865

Syvertsen, J., Melgar, J., & García-Sánchez, F. (2010). Salinity tolerance and leaf water use efficiency in citrus. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 135*(1), 33-39. https://doi.org/10.21273/jashs.135.1.33

Şen, S.M., 1980. Kuzey Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesi cevizlerinin (*Juglans regia L.*) seleksiyon yolu ile ıslahı üzerinde araştırmalar. (Doçentlik tezi, basılmamış). A.Ü.Z.F., Erzurum.

Şen, S.M.,1986, Ceviz yetiştiriciliği, Eser Matbaası, Samsun.

Tezcan, H. (2005). Bazı Önemli Ceviz Hastalıkları ve Bunlara Karşı Bir Entegre Mücadele (IPM) Yaklaşımı. *Bahçe, 34*(1), 187-192.

Trouern-Trend, A., Falk, T., Zaman, S., Caballero, M., Neale, D., Langley, C., … & Wegrzyn, J. (2020). Comparative genomics of six Juglans species reveals disease-associated gene family contractions. *The Plant Journal, 102*(2), 410-423. https://doi.org/10.1111/tpj.14630

Tuwei, G., Kaptıch, F., Langat, M., Smith, B., & Corley, R. (2008). Effects of grafting on tea 2. drought tolerance. *Experimental Agriculture, 44*(4), 537-546. https://doi.org/10.1017/s0014479708006947

Vahdati, K. &Mohseniazar, M. (2016). Early bearing genotypes of walnut: a suitable material for breeding and high density orchards. *Acta Horticulturae,* (1139), 101-106. https://doi.org/10.17660/actahortic.2016.1139.18

Vahdati, K., Sadeghi-Majd, R., Sestraş, A., Licea-Moreno, R., Peixe, A., & SESTRAȘ, R. (2022). Clonal propagation of walnuts (*Juglans spp*.): a review on evolution from traditional techniques to application of biotechnology. *Plants, 11*(22), 3040. https://doi.org/10.3390/plants11223040

Vahdati, K., Sarikhani, S., Arab, M., Leslie, C., Dandekar, A., Aletà, N., … & Mehlenbacher, S. (2021). Advanced in rootstock breeding of nut trees: objectives and strategies. https://doi.org/10.20944/preprints202109.0220.v1

Vitale, S., Luongo, L., Scarpari, M., Tizzani, L., Garaguso, I., Galli, M., … & Haegi, A. (2021). Sources of resistance to *Phytophthora cinnamomi* in *Juglans spp.* for potential rootstocks. *Hortscience, 56*(6), 667-671. https://doi.org/10.21273/hortsci15672-20

Vítámvás, J., Kuneš, I., Viehmannová, I., Linda, R., & Baláš, M. (2020). Conservation of betula oycoviensis, an endangered rare taxon, using

vegetative propagation methods. *Iforest - Biogeosciences and Forestry, 13*(1), 107-113. https://doi.org/10.3832/ifor3243-013

Wang, D., Jiang, C., Zhang, L., Chen, L., Zhang, X., & Guo, J. (2019). Biofilms positively contribute to *Bacillus amyloliquefaciens* 54-induced drought tolerance in tomato plants. *International Journal of Molecular Sciences, 20*(24), 6271. https://doi.org/10.3390/ijms20246271

Wang, Z., Lu, X., Lu, X., Wang, R., Han, J., & Yan, A. (2024). The endophytic microbiome response patterns of juglans regia to two pathogenic fungi. *Frontiers in Microbiology, 15.* https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1378273

Xi, M., Hou, Y., Cai, Y., Shen, H., Ao, J., Li, M., … & Luo, A. (2023). Antioxidant and antimicrobial characteristics of ethyl acetate polar fractions from walnut green husk. *Journal of Food Science, 88*(3), 1060-1074. https://doi.org/10.1111/1750-3841.16473

Xu, H. & Ediger, D. (2021). Rootstocks with different vigor influenced scion–water relations and stress responses in ambrosiatm apple trees (*Malus domestica var. ambrosia*). *Plants, 10*(4), 614. https://doi.org/10.3390/plants10040614

Yang, L., Xia, L., Zeng, Y., Han, Q., & Zhang, S. (2022). Grafting enhances plants drought resistance: current understanding, mechanisms, and future perspectives. *Frontiers in Plant Science, 13*. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1015317

Yılmaz, B., İncesu, M., Çimen, B., Yeşiloğlu, T., & Tuzcu, Ö. (2016). Adana Ekolojik Koşullarında Bazı Turunçgil Anaçlarının Rio Red Altıntop Çeşidinin Meyve Verim ve Kalitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Bahçe, 45(Özel Sayı 1) 7. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi), 793-797.

Zaini, P., Lee, S., Leslie, C., Walawage, S., Jiang, C., Browne, G., … & Kasuga, T. (2021). A rapid in vitro phenotypic assay of walnut shoots for

prescreening resistance to *Phytophthora pini*. *Plant Health Progress, 22*(3), 235-239. https://doi.org/10.1094/php-05-21-0078-fi

Zhang, H., Li, X., ShuBo, Z., Yin, Z., Zhu, W., Li, J., … & Sun, G. (2018). Rootstock alleviates salt stress in grafted mulberry seedlings: physiological and psii function responses. *Frontiers in Plant Science, 9*. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01806

Zhang, Q., Chen, S., Qu, G., Yang, Y., Lü, Z., Wang, J., … & Wang, F. (2024). Provenance and family variations in early growth of Manchurian walnut (*Juglans mandshurica maxim.)* and selection of superior families. *Plos One, 19*(3), e0298918. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298918

Zhu, T., Wang, L., You, F., Rodriguez, J., Deal, K., Chen, L., … & Luo, M. (2019). Sequencing a *Juglans regia* × *J. microcarpa* hybrid yields high-quality genome assemblies of parental species. *Horticulture Research, 6*(1). https://doi.org/10.1038/s41438-019-0139-1

BÖLÜM 6

MEYVE AĞAÇLARININ HASAT SONU GÜBRELENMESİ ve ÖNEMİ

Doç. Dr. Mesude ÜNAL[9]

DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18117688

[9] Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kocaeli, Türkiye. mesudeun@kocaeli.edu.tr, orcid id:000-0002-5279-8574

GİRİŞ

Meyve ağaçları, bitkisel üretimin bütününde olduğu gibi yeterli verim ve kaliteli üretim sağlayabilmek için gübrelenmelidir. Meyve ağaçlarında fidan dikimi ile başlayan gübreleme bitkinin çeşitli gelişme dönemlerinde devam etmektedir. Hasattan sonra yapılacak gübreleme uygulamaları da gelecek yılın verim potansiyelini önemli ölçüde etkilemektedir. Ancak gübreleme yaparken toprak besin elementi içeriği, iklim faktörleri, bitki istekleri ve gübre maliyetleri gibi birçok faktör göz önüne alınmalıdır. Meyve ağacı üretiminde meyve kalitesi, ağaçların beslenme durumu ve toprağın verimliliği gibi faktörlere bağlı olarak bahçeler arasında farklılık gösterir. Bu durum, üreticinin pazar bulmasını ve gelir durumunu etkiler. Meyve üretiminde kaliteli ve homojen olgunlukta meyvelerin pazara ulaştırılmasını sağlamak önemlidir. Araştırmaya dayalı gübreleme önerilerinin sınırlı olması, meyve üreticilerinin aşırı miktarda inorganik gübre uygulamasına neden olmakta zamanla toprakta biriken ya da yıkanarak uzaklaşan elementler ciddi çevre sorunlarına yol açmaktadır. Aynı zamanda toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri dengesiz inorganik gübreleme yüzünden bozulmakta üretimde sürdürülebilirlik sağlanamamaktadır. Ayrıca, bu koşullar altında bahçeler verim ve meyve kalitesi açısından istenilen üretim potansiyeline ulaşamamaktadır (Martinez ve ark. 2021).

Gübreleme, çoğu üreticinin ürün verimini artırmak ve toprakta eksilen besin elementlerini yerine koymak için yapılan bir uygulamadır. Özellikle gübre maliyetlerinin değişken ürün maliyetlerinin %10'undan daha azını oluşturduğu tarım işletmelerinde maliyet artışının aşırı gübreleme nedeniyle olduğu vurgulanmaktadır. Ekonomik yönlerinin yanı sıra, aşırı gübreleme yeraltı suyu ve akarsu kirliliğine ve zararlı böcek ve hastalık artışına neden olduğu ortaya konmuştur (EPPA,2005). Aşırı gübrelemenin neden olduğu çevresel faktörler hakkındaki artan farkındalık, verimliliği ve meyve kalitesini arttırmak için toprak analiz sonuçlarına göre yeterli ve dengeli gübreleme

programlarını öne çıkarmaktadır. Üreticiler tarafından uygulanan gübre miktarının meyve kalitesini etkilediği iyi bilinmektedir. Bitki beslenme aynı zamanda meyve görünümünü dokusunu ve tadını da etkilemektedir. Hasat sonrası gübreleme, meyve özelliklerinin depolama potansiyelini arttırmaktadır çünkü gübreleme meyvelerin mekanik hasara, fizyolojik bozukluklara ve çürümeye karşı duyarlılığını etkilemektedir. Azot ve potasyum, bitkilerin ihtiyaç duyduğu temel besin maddeleri arasındadır. Ancak aşırı azotlu gübreleme meyve etinin sertliğini ve tatlılığını azaltır. Bu durum meyvenin renklenmesini engeller ve hasat sonrası hastalıklara duyarlılığı artırarak çekirdekli meyvelerin kalitesi üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Azotlu gübrelemenin eksikliği kadar fazlalığı da sorun oluşturmaktadır. Azot eksikliği, kötü aromalı ve küçük meyvelere yol açmaktadır (Cuquel ve ark. 2011). Gübrelemenin olumlu etkisinden yararlanabilmek için meyve ağaçlarının besin ihtiyaçlarının doğru olarak saptanması gerekmektedir.

Bu nedenle ağaçların genel besin içeriğinin belirlenmesi ve buna dayanarak yapılacak gübre uygulamalarıyla en uygun gübre dozu ve uygulama zamanı tespit edilmelidir. Son yıllarda meyve ağaçlarında azotlu gübre uygulamalarının verilme zamanları hakkında farklı düşünceler ortaya çıkmıştır. Çiçeklenme sırasında ağaçların gereksinim duyduğu azotun, büyük oranda ağacın bir önceki yıldan kaynaklanan rezervinden geldiği, ilkbahar sonu veya erken yaz sürgün gelişmesi için gerekli olan azotun ise ağaçların uyanmasından hemen önce uygulanan taban gübresindeki azottan ve çiçeklenmeyi izleyen dönemde uygulanan üst gübrelemelerdeki azot uygulamalarından kaynaklandığı bildirilmektedir.

Hasat sonu sonbahar gübrelemesi bu nedenle yaprağını döken meyve türlerinde meyve bahçelerinin takip eden ilkbahar dönemi çiçeklenmesi için son derece önemli görünmektedir.

Yine yapılan araştırmalarda erken ilkbaharda verilen azottan ağaçların çok az yararlanabildikleri ve bu nedenle ilkbahar uygulamasına çiçeklenmeden hemen

önce başlanması gerektiği bildirilmektedir. Uysal, 2017 yılında yaptığı çalışmada Golden Sel B elma çeşidinde, fertigasyon ve hasat sonrası yaprak gübrelemesi yöntemleri kullanılarak bir deneme yapmıştır. Deneme sonucunda artan azot dozlarına bağlı olarak ağaç başı verim değerleri arttığını 60 ve 90 g azot uygulamalarında en yüksek verim değerleri elde edildiğini bildirmiştir. Bu bölümde, meyve ağaçlarında hasat sonu gübrelemenin amacı ve önemi vurgulanmıştır.

1. HASAT SONU GÜBRELEME

Hasat sonrası gübreleme Gezgin (2024) bildirdiğine göre, tarla ve bahçe bitkilerinden daha çok meyve bahçelerinde yapılır veya yapılması önerilir. Çünkü meyve ağaçlarının yıllık sürgünleri üzerinde gelecek yıl meyve oluşumunu sağlayacak gözler bulunmaktadır. Bu gözlerin iyi beslenip beslenmemesi gelecek yıl ağacın meyve verimini önemli ölçüde etkiler. Yıllık sürgünler üzerindeki gözlerin iyi beslenmesi için meyve hasadı sonrası en fazla bir ay içinde toprak ve hasat öncesi yaprak analizi sonuçları göz önünde alınarak gübreleme yapılması gelecek yılın meyve verimini olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir. İyi bir bitki besleme gübreleme programı aynı zamanda ön bitki koruma önlemi olarak düşünülebilir. Hasat sonrası gübrelemede; meyve ağaçlarının yaşı, meyve ağaçlarının etkili kök bölgesindeki bitkiye elverişli besin elementi miktarları, kalsiyum, magnezyum ve potasyum başta olmak üzere bitkiye elverişli besin elementleri arasındaki dengeler, toprakların tekstür, pH, kireç, organik madde, tuzluluk, toprağın katyon tutma ve değiştirme kapasitesi gibi toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri besin elementlerinin elverişliliği ve alımını etkileyen özellikleri, hasat öncesi her meyve için en uygun yaprak örneklemesi zamanında alınan yaprak analizi sonuçları, sulama suyu kalite kriterleri ve sulama şekli göz önüne alınarak gübreleme önerileri verilmelidir. Meyve bahçelerinde toprak ve yaprak analizi sonuçlarına göre meyve ağaçlarına

uygulanacak fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, kükürt ve mikro elementlerin (bor, demir, çinko, mangan, bakır, molibden) tamamı uygulanması gereken miktara göre bir veya iki eşit parçada bitkinin taç izdüşümüne 20-30 cm derinliğe verilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Hasat sonrası gübrelemede meyve ağacı çeşidine göre kış ayları öncesi en fazla yarısı, kalan azot ise takip eden yılın ilkbahar aylarında sürgün gelişimi döneminde verilmelidir. Kış ayları öncesinde meyve ağaçlarına fazla azot uygulaması sürgün gelişimini teşvik edip bitki öz suyu çekilmesini önleyerek yıllık sürgünlerin kış soğuklarından zarar görmesine neden olur. Bunun yanında hasat sonrası azot eksikliği sürgünlerdeki meyve gözlerinin gelişmesini ve gelecek yıl meyve verimini olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle azotlu gübrelemenin uygun zamanda ve uygun dozda verilmesi önemlidir. Zeytin, narenciye gibi meyvelerde hasat sonrası aylar ilkbahar ve yaz ayları olduğu için azot uygulaması sürgün gelişimine göre 2-4 parça halinde verilebilir. Tuzluluk sorunu olmayan nötr ve bazik reaksiyonlu topraklarda hasat sonrası organik gübrelerle veya kimyasal gübrelerle birlikte toprak reaksiyonunun düşürülmesi ve bitki besin elementlerinin bitkiye elverişliliğinin artırılması amacıyla elementel kükürt uygulaması yapılabilir. Bu elementel kükürt, toz halinde ve en fazla killi topraklarda 100-150 $kgda^{-1}$, tınlı topraklarda 60-80 $kgda^{-1}$, kumlu topraklarda 20-40 $kgda^{-1}$ arasında uygulanması gerekir (Gezgin,2024). Toprak pH sının 6.5-7 civarında olması makro ve mikro besin elementlerinin alınabilirliğini arttırır. Bu nedenle pH düzenlemesi önemlidir. Kurak yarı kurak koşullarda genelde toprak pH'sı yüksek olduğu için kükürt uygulaması gerekir. Yağışlı bölgelerde ise toprak pH' sı genelde düşüktür bu durumda da tarım kireci uygulaması, toprağın diğer kimyasal özellikleri dikkate alınarak önerilebilir.

2. HASAT SONU ORGANİK GÜBRELEME

Hasat sonu gübrelemelerde kimyasal gübre kadar organik gübre uygulaması da önemlidir. Organik gübreler, toprak özelliklerini iyileştirmesi,

katyon tutma kapasitesini arttırması, kimyasal gübrelerin bitkiler tarafından daha uzun süre alınmasını sağlaması gibi özellikleri nedeniyle kullanılmalıdır.

Gübreleme mineral veya organik olarak, meyvenin üretimini ve iç ve dış özelliklerini etkileyebilir ve bu etkiler, değerlendirilen türe, miktara ve kullanılan gübre türlerine göre değişir. Organik tarım sisteminde üretilen meyvelerin hasat sonrası kalitesi, geleneksel tarımla üretilen meyvelerle karşılaştırılmıştır. Çarkıfelek meyvesinin hasat sonrası kalitesi, organik gübrelemeden etkilenmiş ve en yüksek dozda organik gübre alan meyvelerde daha fazla şeker birikimi görülmüştür. Organik üretim sistemiyle üretilen çilekler, geleneksel sistemde üretilenlere göre daha yüksek çözünür katı madde içeriği ve daha sert meyve eti sergilemiştir. Ağırlık kaybı, titrasyon asitliği ve askorbik asit konsantrasyonları farklı uygulamalardan etkilenmemiştir (Pacheco ve ark.2018). Al-Kharusi ve ark. 2009 yaptıkları çalışmada, kimyasal gübreler ile organik gübreler (kompost) birlikte uygulandığında, bitkiler tarafından besin maddelerinin emiliminin ve genel ürün veriminin arttığını belirtmişlerdir. Araştırmanın sonuçları, meyve büyümesini ve verimi artırmak için organik maddenin mineral gübrelerle desteklenmesinin önemini gösteren önceki bulguların bazılarını desteklediğini savunmuşlardır. Çalışmada, mikro bitki besin maddesi ilaveli ve mikro bitki besin maddesi ilavesi olmadan mineral ve organik gübrelerin, iki hurma ağacından elde edilen hurma meyvelerinin kimyasal özellikleri ve kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Her bir çeşitten 6-7 yaşında otuz hurma ağacı rastgele seçmişler ve her grupta 3 tekrar olacak şekilde 10 gruba ayırmışlardır. Kullanılan gübreler, tek başına organik turba (80 L), 1 kg üre (4 ve 5 eşit N dozuna bölünmüş), 500 g üçlü süper fosfat ve 800 g K_2SO_4 ile birlikte ve mikro bitki besin maddesi ilaveli ve ilavesiz olarak kullanmışlardır. Kontrol herhangi bir gübre içermemektedir. Hurma meyvesi örneklerini yumuşak-olgun iken toplamışlardır. Farklı gübre uygulamalarında, kontrole kıyasla hurmanın kimyasal özelliklerinde ve kalite parametrelerinde önemli ($P<0,05$) farklılıklar

gözlemişlerdir. Her iki hurma çeşidinde de en yüksek kuru madde içeriği, mineral gübreler (NPK, 4-N dozlarında) organik turba ve mikro bitki besin maddesi ilavesi ile desteklendiğini gözlemlemişlerdir. Sadece organik turba uygulaması, diğer tüm uygulamalara kıyasla her iki çeşitte de daha yüksek tanen ve pektin içeriğine, ancak daha düşük titre edilebilir asitliğe (TA) yol açtığını bildirmişlerdir. 2004 yılında, her iki çeşit de 2002 ve 2003 yıllarına kıyasla daha düşük pektin, tanen ve nem içeriğine, ancak daha yüksek pH değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Genel olarak, her iki çeşitte de 3 yıllık bir süre boyunca organik turba uygulanması tanen içeriğini artırırken, mineral gübreleri uygulamaları ile azaldığını, diğer meyve türleri yetiştiriciliğinde de organik gübre uygulamalarının temel gübre uygulaması olarak kabul edildiğini bildirmişlerdir. Organik gübre toprakların, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirir bunun yanında önemli bir bitki besin maddesi kaynağıdır. Toprak canlanır, mikrobiyal etki gelişir, toprakta daha fazla havalanma kapasitesi ve yarayışlı su oluşur, suyun infiltrasyonu ve tutulması kolaylaşır, toprak sıcaklığını düzenler, sıkışmayı önler ve erozyonu kontrol etmeye yardımcı olur. Ayrıca organik gübre, bitki solunumunu artıran kininleri ve bitkilere hastalık direnci kazandıran fenolleri sağlamak için toprağa eklenen sentetik gübrelerin emilimini destekler ve bu da ağır metallerle yıkanma veya organik komplekslerin oluşumu yoluyla daha az besin kaybına neden olur. Dolayısıyla, organik üretimin temel bir bileşeni olan organik gübrelemeyle, gıdaların bu tarımsal metotla üretilmesi sonucu ürünler, daha zengin ve besin açısından dengeli bir topraktan elde edildikleri için daha yüksek besin değerine sahip olacaklardır. Organik ve konvansiyonel olarak üretilen gıdaların besin bileşimlerini karşılaştıran çalışmaları incelediğimizde, besin kalitesi açısından, çoğu organik ürünlerin üstünlüğü konusu tam olarak kanıtlanamamıştır. Ancak, bazı özellikler için olumlu çalışmalar bulunmaktadır. Besin kalitesini belirleyen parametreler çok faktörlüdür, bu nedenle toprak koşulları, iklim ve çeşit içi ve çeşitler arası genetik özellikler

ister konvansiyonel ister organik olsun, benimsenen tarımsal üretime bağlı olarak önemli ölçüde farklı kalite parametreleri gösterebilir. Organik ve konvansiyonel tarımsal üretimden elde edilen ürünler arasında tat, koku ve asiditeyi değerlendiren duyusal kalite üzerine yapılan karşılaştırmalı çalışmalar, konvansiyonel tarımdan elde edilen ürünlerle karşılaştırıldığında çok kesin sonuçlar vermemiştir (Karaosmanoğlu ve ark. 2018, Talay ve Erdoğan 2019, Karaosmanoğlu, 2023). Camargo ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada, organik ve konvansiyonel tarımsal üretimde yetiştirilen farklı çilek çeşitlerinden elde edilen meyvelerin kimyasal özelliklerini belirlemek ve kabul edilebilirliğini değerlendirmektir. Genel olarak, konvansiyonel tarım daha yüksek çözünür katılar içeren meyveler üretirken, organik tarım daha yüksek antosiyanin konsantrasyonları ürettiğini bildirmişlerdir. Organik gübrelerin meyveye etkisi üzerine yapılan çalışmada, Kim ve Choi (2009), organik gübrelerin sağladığı yüksek meyve kabuğu rengi ve şeker içeriğinin, meyvenin olgunlaşma süresini kısaltmış olabileceğini göstermişlerdir. Ayrıca, artan meyve Ca konsantrasyonunun, konvansiyonel tarımda, organik kompost üzerinde yetiştirilen Asya armutlarında meyve çekirdek hücrelerinin azalmasına katkıda bulunduğunu bildirmişlerdir. Meyvenin kabuk parlaklığı, taze meyve sertliği ve taze meyve tatlılığı gibi bazı özellikleri, uygulamalar arasında önemli ölçüde farklılık göstermediğini ancak organik olarak gübrelenen meyvelerde daha uzun meyve depolama süresine sahip olduğunu bildirmişlerdir; bunun da meyve olgunlaşma süresinin kısaltılmasına ve semt pazarlarında daha uzun raf ömrü sağlanmasına olanak tanıyacağını bildirmişlerdir. Ayrıca, organik olarak gübrelenen meyveler, konvansiyonel gübreleme yönteminden daha yüksek meyve fenolik bileşikleri ve antioksidan seviyelerine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ceglie ve ark. (2016), toplam polifenol içeriğinin eriklerde daha yüksek olduğunu, ancak askorbik asit, α-tokoferol ve β-karotenin organik örneklerde daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, farklı tarımsal üretimde elde edilen bitkisel ürünün

polifenol içeriğini karşılaştıran çalışmaların çoğunun, organik meyve ve sebzelerde bu maddelerin konsantrasyonlarının konvansiyonel olanlara kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

3. HASAT SONU KİMYASAL GÜBRELEME

Meyvelerde gerek ürün verimliliği gerekse gıda kalitesi açısından toprakta eksik olan besin elementlerinin tamamlanması gerekir. Başlangıç gübreleri kadar hasattan sonra meyve ağaçlarının gübrelenmesi gelecek yılın ürün kalitesi açısından önemlidir. Doğru bir gübreleme programı aynı zamanda meyvelerde hastalık ve zararlılara karşı direnci arttırmaktadır. Sugar ve ark. (1992), bildirdiğine göre; Armut (Pyrus communis L.) ağaçlarının meyvelerindeki düşük N ve yüksek Ca içeriğinin yönetimi, hasat sonrası mantar çürümesinin şiddetini azaltmıştır. Hasattan 3 hafta önce N gübresi uygulanması, meyvedeki N miktarını artırmadan ağaç rezervleri ve çiçekler için bir sonraki baharda N sağlamıştır. Büyüme mevsimi boyunca uygulanan kalsiyum klorür spreyleri meyvedeki Ca içeriğini artırmıştır. Azot ve Ca yönetimi, çürümenin azaltılmasında katkı sağlayıcı faktörler olarak göründüğünü bildirmişlerdir. Meyve yoğunluğu ve ağaçların konumu, N gübrelemesine verdikleri tepkiyi etkiler bulmuşlardır. Azot: Ca oranları, ağaçların yönü, ağacın kısımlarına göre değişebilir. Yüksek meyve yoğunluğunu, düşük N:Ca oranlarıyla ilişkili bulmuşlardır. Düzenli bir bitki besleme ve gübreleme programının meyvelerde, hasat sonrası dayanıklılığı arttırdığını bildirmişlerdir. Wojcik ve Wojcik (2003), yaptıkları çalışma sonucuna göre, bor içeriğinin düşük olduğu toprak koşullarında, çiçeklenme öncesi ve hasat sonrası yapraktan borlu gübre uygulamalarının armut ağacı verimini artırmada ve meyve depolama kabiliyetini iyileştirmede etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Çiçeklenme öncesi ve hasat sonrası yapraktan borlu gübre püskürtmenin, çiçeklenme durumunu iyileştirdiğini ve daha iyi meyve tutumuna neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle, tam çiçeklenme

dönemindeki bor içeriğinin yeterli olması, armut ağacı verimini tahmin etmede değerli bir veri olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, belirli armut çeşitleri için çiçekteki bor konsantrasyonlarının eşik değerlerinin belirlenmesi de gereklidir. Öztürk (2020), kivi bitkisinde, verim ve meyve kalitesi üzerine yaptığı araştırma sonuçlarına göre, verim miktarı genel anlamda yüksek azot (N) dozlarıyla azalırken, potasyum (K) dozları ile düzensiz bir şekilde artmıştır. Her iki yılda dekara 24 kg N ile 40 kg K_2O uygulamasından en yüksek verimi elde ederken, verim, meyve ağırlığı ve kalitesi birlikte değerlendirildiğinde 16 kg N ve 32 kg K_2O dozlarının ekonomik açıdan daha uygun olduğunu bildirmiştir. Meyve ağaçlarında kimyasal gübre uygulamasında; sonbahar gübrelemesinde, topraktan yıkanma olasılığı daha az ve nitratlı gübrelere göre ucuz bir gübre olan amonyum sülfat (%21 N, %23,4 S) gübresinin uygulanmasının daha uygun olduğu, potasyum ihtiyaçlarının karşılanmasında fizyolojik nötr tepkimeli, çözünürlüğü yüksek ve kükürt içeren potasyum sülfat (%48-52 K_2O) gübresinin uygulanmasının uygun olacağı bildirilmektedir. Yapraklar tarafından kaldırılan fosforun yaklaşık %70'inin tekrar toprağa geri dönmesi, meyvelerin fosfor içeriğinin yüksek olmaması nedeniyle hasatla çok az miktarda fosforun uzaklaşması, kökler tarafından salgılanan bazı organik bileşikler aracılığıyla fosforun bitkilere olan yarayışlılığının arttırılması ve köklerde simbiyoz yaşam ilişkisiyle yaşayan mikoriza mantarları tarafından bitkiye fosfor kazandırılması nedeniyle sert ve yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarının fosforlu gübrelemeye olan ihtiyaçları azot ve potasyuma göre önemli ölçüde azdır. Fosforlu gübre olarak %85 oranında suda çözünür ve hafif asit karakterde olan %16-22 P_2O_5 içeren normal süper fosfat ve %43-46 P_2O_5 içeren triple süper fosfat gübreleri meyve ağaçlarında uygulaması yapılabilecek klasik kimyasal gübrelerdendir (Başar,2001). Çizelge 1'de Yumuşak çekirdekli meyve türlerine verilecek besin maddeleri miktarları ve Çizelge 2'de Sert çekirdekli meyve türlerine verilecek besin maddeleri miktarları $kgha^{-1}$ olarak verilmiştir.

Çizelge 1. Yumuşak çekirdekli meyve türlerine verilecek besin maddeleri miktarları ($kgha^{-1}$).

	Ürün verinceye kadar			**Orta seviyede ürün için**			**Çok yüksek seviyede ürün için**		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Elma	10	20	50	80	40	140	150	70	250
Armut	10	20	40	60	30	110	125	65	200

Kaynak: Başar,2001

Çizelge 2. Sert çekirdekli meyve türlerine verilecek besin maddeleri miktarları ($kgha^{-1}$).

	Ürün verinceye kadar			**Orta seviyede ürün için**			**Çok yüksek seviyede ürün için**		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Kiraz	30	20	40	70	40	110	140	75	200
Vişne	50	30	50	100	50	140	190	90	250
Erik	40	30	50	90	50	140	160	90	250
Şeftali	60	40	70	110	60	180	210	100	320

Kaynak: Başar,2001

Şeftali için azotun uygulama zamanının, Johnson ve Urie (1989) makalesinde hasattan sonra yazın geç dönem olduğunu, bununla birlikte erken ilkbaharda yapılan uygulamaların da etkili olacağını bildirmişlerdir (akt.Başar,2001). Meyve bahçelerinde uygulanacak gübreleme programının belirlenmesi için, erik ağaçlarından Temmuz ortasından ağustos ayı başına kadar olan dönemde alınacak yaprak örnekleri ile hasattan sonra alınacak toprak örneklerinin bitki besin maddeleri içerikleri yönünden yapılacak analizlerin sonuçlarına göre belirlenmesi uygun olur (Karamürsel,2011). Kiraz yetiştiriciliğinde önemli olan gübreleme zamanları açık alanlarda bitki uyanmadan önce, çiçeklenme başlangıcında ve hasattan hemen sonra olmaktadır (Müftüoğlu,2013). Meyve bahçelerinde organik ve klasik kimyasal gübrelerin yanı sıra, nano gübreler de hasattan sonra uygulanabilmektedir. Nanoteknolojinin önemli ölçüde uygulanmasının, işlenmiş ve taze meyve ve sebzelerin en yüksek kaliteyi koruyarak ve raf ömrünü uzatarak verimi artırabileceği, üretim maliyetlerini düşürebileceği ve hasat sonrası kayıpları en aza indirebileceği öne sürülmüştür. Sravani ve ark.2025 bildirdiğine göre, meyve ve sebzelerin büyümesini ve kalitesini iyileştirirken raf ömürlerini uzatmak için yeni bir yaklaşım, tarımda nano besin formülasyonlarının kullanılmasıdır. Nano besin formülasyonu araştırmalarındaki son gelişmeleri inceleyen araştırıcılar, bu formülasyonların ürün verimliliği ve hasat sonrası koruma üzerindeki etkilerini vurgulamaktadır. Nano-çinko, nano-demir ve nano-kalsiyum gibi nano boyutlu besin formülasyonlarının geliştirilmesi, nanoteknolojinin tarımda uygulanmasının bir sonucudur. Bu kombinasyonlar, bitkilerin besin maddelerini daha iyi ileterek alımını ve kullanımını artırır. Besin maddelerinin sürekliliği, nano boyutlu parçacıkların düzenli salınım mekanizmasıyla sağlanır. Bu mekanizma, sağlıklı büyümeyi destekler ve daha yüksek besin değerine ve daha uzun raf ömrüne sahip meyve ve sebzeler üretir. Meyvelerde yapılan analiz sonuçlarına göre nano teknoloji ile üretilen gübreler önemli büyüme parametrelerini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

Bununla birlikte nanometre ölçeğindeki bu besinler hastalık direncini ve stres toleransını artırır, ürün verimini artırır ve hasat sonrası kaybı azaltır.

4. SONUÇ

Gübreleme, bitkisel üretim için yapılması gereken kültürel uygulamalardandır. Meyvelerde fidan dikiminde, meyve gelişme döneminde ve hasada yakın dönemde gübreleme ne kadar önemli ise meyve verim ve kalite verilerinin olumlu etkilenmesi nedeniyle hasat sonu gübreleme de gereklidir. Hasat sonu gübreleme, meyve ağaçlarındaki gözlerin beslenerek gelecek yılda verim ve kalite artışı sağladığı için önemlidir. Hasat sonu gübrelemede organik ve kimyasal gübreler kullanılabilir. Her iki sınıf gübrenin kullanımında toprak tuzluluğu, toprak pH'sı, toprak organik maddesi, toprakta kireç durumu, katyon tutma kapasitesi, toprakların besin maddesi içeriği gibi toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri dikkate alınarak gübreleme yapılmalıdır. Mutlaka toprak ve yaprak analizleri sonucuna göre gübreleme yapılması gereklidir. Organik gübreleme meyve bahçelerinde toprak özelliklerini iyileştirir bunun sonucunda besin elementi alımı artar aynı zamanda organik gübrelerin kendisi de makro ve mikro bitki besin elementi kaynağıdır. Hasat sonrasında makro ve mikro bitki besin elementi gübrelemesi, N:Ca oranını düşük tutarak yapılan gübreleme programları gelecek yılın verimini etkilemektedir. Hasat sonrası yapılan organik ve kimyasal gübrelemeler meyvelerde gıda kalite parametrelerini de etkilemektedir. Hasat sonu yapılan gübreleme ile gelecek yılın verimi arttığı gibi ağacın hastalık ve zararlılara karşı dayanıklığı da artar, aynı zamanda hasat sonrası yapılacak organik gübreleme toprak özelliklerini de iyileştirerek verimde sürdürülebilirlik sağlayabilir.

Meyve verim ve kalitesinde iyileşme, yararlı bileşiklerin meyvede artması, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık, toprak özelliklerinde iyileşme gibi sonuçlardan dolayı meyve üreticileri gübreleme programlarına hasat sonrası gübrelemeyi de ekleyerek üretimde sürdürülebilirlik sağlayabilirler.

KAYNAKLAR

Al-Kharusi, L.M.,Elmardi, M.O., Ali,A., Al-Said,F.A.J. Abdelbasit, K.M., Al-Rawahi,S. 2009. Effect of mineral and organic fertilizers on the chemical characteristics and quality of date fruits. International Journal of Agriculture Biology,11: 290–296

Başar,H. 2001. Bursa Yöresinde Yetiştirilen Bazı Yumuşak ve Sert Çekirdekli Meyve Ağaçlarının Gübrelenmesi. Anadolu, Journal of AARI 11 (1) 2001, 126 – 134

Camargo, L.KP.,Resende, J.T.V.,Tominaga, T.T.,Kurchaidt,S.M., Camargo,C.K.,Figueiredo, A.S.T.2011. Postharvest quality of strawberry fruits produced in organic and conventional systems. Horticultura Brasileira 29: 000-000

Ceglie, F.G., Amodio, M.L.,Colelli,G.2016. Effect of Organic Production Systems on Quality and Postharvest Performance of Horticultural Produce. Horticulturae 2016,2,4; doi:10.3390/horticulturae2020004

Cuquel, F.L., Motta, A.C.V.,Tutida,I.May De Mio,L.L.,2011. Nitrojen and Potassium Fertilization Affecting The Plum Postharvest Quality. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 328-336, Outubro.

EPPA. United States Environmental Protection. Protecting water quality from agricultural runoff. 2005. 3p

http://www.turktarim.gov.tr/Haber/1192/hasat-sonrasi-gubreleme-sonraki-yil-alinacak-verimi- etkiliyor.Erişim Tarihi:12.11.2025 (Gezgin,S.2024).

Karamürsel, Ö.,F.2011. Erik Yetiştiriciliği. Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.Yayın No:6,16syf.

Karaosmanoğlu, H., Üstün, N,Ş., Turan,A.2018. Organik ve Konvansiyonel Yöntemlerle Yetiştirilen Gıdaların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Meyve Bilimi. Cilt (Sayı) Vol:5(2) Sayfa 34-42

Karaosmanoğlu,.2023. Giresun Kalite Organik ve Konvansiyonel Tombul Fındıkların Meyve Kalitesi İle Geometrik ve Renk Özelliklerinin Belirlenmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 11(3), 916-924

Martinez, R.G., Cortés-Flore,J.I., López-Jiménez, A., Etchevers-Barra,J.D. Carrillo-SalazarJ.A., SaucedoVeloz,C. 2021.Yield, quality and post-harvest behavior of 'Hass' avocado fruits of orchards with different fertilization. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas volume 12 number 2

Müftüoğlu, N.M.,2013. Kiraz Yetiştiriciliğinde Analizlere Dayalı Gübre Uygulamaları. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi. Kiraz Yetiştiriciliği, 5.Bölüm,55-88 syf.

Öztürk,Y. 2020. Azotlu ve Potasyumlu Gübrelemenin Kivi Bitkisinin Farklı Dönemlerde Yaprakların Besin Elementleri İçeriği İle Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Doktora Tezi, 280 syf.

Pacheco,A.L.V.,Pagliarini,M.F.,Freitas,G.B.,G.Vieira 2018. Vieira Yellow passion fruit postharvest conservation and quality according to organic and mineral fertilizers. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, 2018, v. 40, n.5

Sravania, V., Rajeswaria, R., Gopalakrishnana, M., Senthil Kumarb, M., Kavithac, M., Bharathi C. 2025. Nanonutrient Formulations – Impact on Growth and Post-Harvest Quality of Fruits and Vegetables. Communications in Soil Science and Plant Analiysis. 2025, Vol. 56, No. 5, 811–823

Sugar, D., Righetti,T.L., Sanchez, E. E., Khemira, H. 1992. Management of Nitrogen and Calcium in Pear Trees for Enhancement of Fruit Resistance to Postharvest Decay. HortTechnology ž July/Sept.2(3)

Talay,R., Erdoğan,Ü. 2019. Nutritional and Sensory Quality in Organic and Conventional Foods. Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology,7(5): 774-782

Uysal, E.2017. Golden Sel B Elma Çeşidinde Fertigasyonla ve Yapraktan Azotlu Gübrelemenin Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2017, Cilt 31, Sayı 1, 77-88

Wojcik, P., Wojcik, M. 2003. Effects of boron fertilization on 'Conference' pear tree vigor, nutrition, and fruit yield and storability. Plant and Soil 256: 413–421

Xiong Lee, Wol-Soo Kim1 and Hyun-Sug Choi 2009. Effect of Different Organic Fertilizers on Fruit Quality in a Pear Orchard. Korean Journal of Food Preservation. Vol. 16, No. 3. pp. 305-310

BÖLÜM 7

KİRAZLARDA TUZ STRESİ: FİZYOLOJİK, MOLEKÜLER VE UYGULAMALI YAKLAŞIMLAR

Prof. Dr. Melekber SÜLÜŞOĞLU DURUL[10]

DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18117743

[10] Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kocaeli, Türkiye. meleksl@kocaeli.edu.tr, orcid id: 0000-0002-6546-5891

GİRİŞ

Kiraz (*Prunus avium* L.), dünya tarımında hem ekonomik hem de beslenme açısından önemli bir meyve türüdür. Avrupa, Asya ve Amerika'da doğal olarak yetişen ve kültüre alınmış çeşitlerle geniş alanlarda üretilen kirazın yıllık üretimi 4–5 milyon ton civarındadır. Türkiye, Şili ve ABD başlıca üretici ülkeler olup, Türkiye uzun süredir dünya lideri konumundadır. 2008'de 1,9 milyon ton olan küresel üretim 2023'de 2,8 milyon tona çıkmıştır (FAO, 2024). Türkiye'de ise üretim miktarı aynı dönemde 416 bin tondan 675 bin tona çıkmıştır. Kiraz, düşük kalorili, lifli, antioksidan ve minerallerce zengin yapısıyla beslenme açısından değerli bir diyet meyvesi olmasının yanı sıra, gıda endüstrisi, ilaç ve kozmetik sektörlerinde de hammadde olarak kullanılmaktadır. Yüksek fiyatla satılabilen ve ihracat geliri yüksek bir ürün olduğundan, pazardaki talebi hızla artmakta, dayanıklı ve kaliteli çeşitler üreten ülkeler küresel pazarda avantaj sağlamaktadır.

Bununla birlikte, kiraz üretimi çevresel stres faktörlerinden önemli ölçüde etkilenmektedir. İklim değişikliğinin yol açtığı sıcaklık dalgalanmaları ve don riski kiraz meyvelerinde verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır. Tuzluluk, bitkilerin büyüme ve gelişme süreçlerinde en önemli abiyotik stres faktörlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Toprak tuzluluğunun artışı ürün kalitesini ve verimliliği sınırlandırmakta, uzun vadede tarımsal sürdürülebilirliği tehdit etmektedir (Yılmaz ve ark., 2011; AbuQamar vd., 2024). Kiraz ağaçlarının tuz stresine karşı oldukça hassas olması, yetiştiriciliklerinde mutlak dikkate alınması gereken bir etken olmasına nedendir. Bu stres faktörünün etkilerinin değerlendirilmesi, dayanıklı anaçların seçimini ve stres koşullarına uyum sağlayacak yetiştiricilik teknolojilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada, kiraz yetiştiriciliğinde tuzluluk stresine ilişkin güncel araştırmalar derlenmiş ve kirazın sürdürülebilir üretimine etkileri ve olası çözümleri ortaya konmuştur.

1. TUZLULUĞUN ETKİLERİ VE KİRAZLARDAKİ DURUM

Kiraz ağacı (*Prunus avium* L.) tuz stresine karşı oldukça hassas bir türdür (Küçükyumuk vd., 2014; Aras ve Eşitken, 2019). Toprakta drenajın yetersiz olması, aşırı gübreleme uygulamaları ve sahil kesimlerine yakın yetiştiricilik alanları kirazda tuzluluk stresinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Aras ve Eşitken, 2018). Tuz stresi, kiraz ağaçlarında bazı besin elementlerinin alımını azaltarak antagonistik etkilere yol açmakta (Papadakis vd., 2007) ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu tetikleyerek hücresel düzeyde zararlanmalara neden olmaktadır (Jia vd., 2019).

Prunus türleri genel olarak tuzluluk stresine duyarlı olarak sınıflandırılmaktadır (Gucci ve Tattini, 1997). Kiraz anaçları ve çeşitlerinin çoğu aşırı tuz ve alkali koşullara karşı hassastır. Tuz stresi, bitkilerin fizyolojik süreçlerini ve morfolojik yapısını olumsuz etkileyerek büyüme ve gelişmeyi sınırlandırmakta, aynı zamanda meyve verimi ve kalitesini düşürmektedir (Xu vd., 2024). Kirazlarda tuzluluk stresi altında yaprak, gövde ve kök ağırlıkları azalmakta; buna bağlı olarak bitkinin toplam biyokütlesinde de belirgin bir düşüş meydana gelmektedir.

2. DAYANIKLI ANAÇ VE ÇEŞİT SEÇİMİ

2.1. Dayanıklı Anaç Seçimi

Birçok bitkinin tuzlulukla başa çıkmak için geliştirdiği içsel tepkiler ve düzenleme mekanizmaları bulunmaktadır. Savunma mekanizmaları stres toleransına sahip farklı anaçların kullanılmasıyla geliştirilebilir. Birçok çalışma, anaçların stres koşulları altında kalemin stres toleransını artırabileceğini göstermiştir (Balal vd. 2011; Aras ve Esitken 2019b). Kiraz anaçları tuzluluğa farklı toleranslar göstermektedir. CAB-6P anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinin tuz stresine dayanıklılığının, MaxMa14 anacına aşılı çeşide

göre daha yüksek olduğu moleküler ve fizyolojik parametrelerle ortaya konmuştur (Aras ve ark., 2023).

2.2. Anaçların Tuzluluk Toleransına Göre Sınıflandırılması

Prunus ve *cerasus* cinsinden geliştirilen anaçların tuz stresine verdikleri tepkiler, ıslah programlarında kullanılacak materyallerin seçimi açısından önemlidir. Toro vd. (2021) çalışmasında 'Mazzard F12/1' kiraz anacını çok hassas, 'Maxma 60', 'Cab6P' ve 'AGAF 0204-09' anaçlarını orta derecede toleranslı, 'Colt' anacını ise toleranslı olarak sınıflandırmaktadır.

2.3. Dayanıklı Çeşit Seçimi

Kiraz çeşit ve anaçlarının tuz stresine verdikleri tepkiler dayanıklı çeşit seçimi açısından önemlidir. Papadakis vd. (2007) çalışmasında Mazzard anacına aşılı 'Bigarreau Burlat' ve 'Tragana Edessis' çeşitlerinde 25–50 mmol L^{-1} NaCl uygulamaları sürgün uzamasını %36 dolayında azaltmış, 'Bigarreau Burlat' çeşidinin kuru ağırlığının düşmesi çeşidin daha hassas olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, Küçükyumuk vd. (2014) tarafından yürütülen saksı denemesinde farklı tuzluluk düzeylerine sahip sulama suları 0900 Ziraat çeşidinin vejetatif gelişimini belirgin şekilde yavaşlatarak, özellikle gövde ve sürgün gelişiminde gerilemeye yol açmıştır. Ayrıca kök gelişiminin artmasıyla birlikte tuzluluk etkisinin dönemsel olarak yükseldiği belirlenmiştir.

3. FİZYOLOJİK ADAPTASYON MEKANİZMALARI

3.1. Transpirasyonun Azaltılması

Tuz stresi durumunda stoma iletkenliğini azaltan bitkiler tuzluluğa karşı tolerans sağlamakta, stoma açıklığındaki azalma, transpirasyonu azaltmaktadır (Chaves vd., 2009). Stoma iletkenliğini sınırlayarak terlemeyi azaltmak, tuzluluğa karşı tolerans geliştirmede adaptif bir mekanizma olarak kabul görmektedir (Mahouachi, 2009; Aras vd. 2023). Kirazda tuzluluk

nedeniyle SPAD değerinde önemli bir azalmaya yol açmaktadır. Tuzluluk koşulları altında, SPAD ve stoma iletkenliği değerlerindeki en yüksek azalma 0900/Mazzard anaç-kalem kombinasyonunda kaydedilmiştir. Membran geçirgenliğiise en çok 0900/CAB-6P çeşidinde azalmıştır (Aras vd. 2023).

3.2. Doku Toleransı ve İyon Homeostazı

Orta düzeyde tuzluluk koşullarında Mazzard (*Prunus avium* L.), MaxMa 14 (*Mahaleb* × *Mazzard*) ve CAB-6P (*Prunus cerasus* L.) anaçları üzerine aşılı '0900 Ziraat' kirazının bir yaşlı fidanlarında önemli fizyolojik değişimler oluşmuştur. Dört ay tuzluluk stresine maruz bırakılan Mazzard anacına aşılı fidanlarda sürgün çapı azalmış, SPAD ve stoma iletkenliği değerleri belirgin şekilde düşmüştür. Buna karşılık 0900/CAB-6P kombinasyonunda membran geçirgenliği en düşük olurken, bu kombinasyon tuzluluğa en toleranslı kaydedilmiştir. 0900/MaxMa 14 aşı-kalem kombinasyonu ise en hassas olarak seçilmiştir (Aras ve Eşitken, 2017). Benzer şekilde, MaxMa 14, CAB-6P ve Mazzard anaçlarının kısa süreli fizyolojik tepkileri 35 mM NaCl çözeltisi eklenerek incelendiğinde, SPAD değeri, yaprak su içeriği, membran geçirgenliği ve stoma iletkenliğinde önemli değişimler gözlenmiştir. Çalışmada tuzluluğun olumsuz etkilerinin Mazzard'da, MaxMa 14 ve CAB-6P'ye kıyasla daha düşük olduğu ortaya konmuştur (Aras ve Eşitken, 2018).

3.3. Besin Alımı ve İyon Homeostazı

Bor ve potasyum klorür kaynaklı tuzluluk stresinde CAB-6P ve Gisela 5 anaçlarının besin dengesi değişmiştir. Yüksek bor ve yüksek tuzluluk durumunda, yaprak klorofil içeriği en düşük seviyelere inmiş, tuzluluk artarken yaprak azot konsantrasyonu azalmış, potasyum konsantrasyonu ise artmıştır. Sonuçlar, tuzluluk ve bor toksisitesi altında besin alımı ve iyon homeostazının

bozulduğunu; buna karşın toleranslı anaçların dengeyi daha iyi koruyabildiğini göstermektedir (Sotiropoulos vd., 2006).

3.4. Yaprak Bütünlüğü ve Membran Stabilitesi

Fizyolojik tepkiler açısından CAB-6P anacı tuzluluk koşullarında yapraklarını büyük ölçüde korumuş, yaprak dökümü sınırlandırılmıştır. Daha hassas olan Gisela 5 anacında ise yaprak dökümü artarark bor ve tuz stresine şiddetli tepki oluşmuştur. Yaprak bütünlüğünün korunması ve membran stabilitesinde tuzluluk toleransı en çarpıcı stres faktörlerindendir. CAB-6P'nin bu mekanizmaya uyumu sayesinde daha dayanıklı olduğu açıktır (Sotiropoulos vd., 2006).

4. DAYANIKLILIK VE ADAPTASYON SAĞLAYICI UYGULAMALAR

4.1. Salisilik Asit Uygulamaları

Gisela 6 kiraz anaçlarında 100 mM NaCl çözeltisi ile oluşturulan tuz stresine karşı yapraklara 1,0 mM salisilik asit (SA) püskürtülmüştür. Tuz uygulaması fotosentez hızını önemli ölçüde azaltırken, SA uygulaması net fotosentez hızını artırmış, fotosentezin ışık reaksiyonlarını daha verimli hale getirmiş ve stres etkisini azaltmıştır. Bu bulgular, SA'nın tuz stresine karşı koruyucu bir adaptasyon sağlayabildiğini göstermektedir (Xu vd., 2024).

4.2. Gölgeleme Uygulamaları

Tuz stresi meyve verimi ve kalitesini olumsuz etkilerken, aşırı güneş ışığı da metabolik zararlara yol açmaktadır (Aras ve Keleş, 2023). Gölgeleme uygulamaları, kiraz ağaçlarının dayanımını artıran etkili yöntemlerden biridir. Gölge filesi kullanılarak ışık yoğunluğunun azaltılması hücre membran zararlanmasını sınırlamış ve bitki dayanıklılığını yükseltmiştir (Aras vd., 2021). Ayrıca 0900 Ziraat/MaxMa 14 kombinasyonunda yapılan çalışmada,

tuzluluk büyümeyi, stoma iletkenliğini ve klorofil biyosentezini yavaşlatırken, %80 oranında gölgeleme yaprak ve hava sıcaklığını düşürerek klorofil kaybını önlemiş, antosiyaninleri artırmış ve tuz stresinin zararlarını hafifletmiştir. Bu sonuçlar, antosiyaninlerin koruyucu mekanizmada rol oynayabileceğini ortaya koymaktadır (Aras ve Keleş, 2023).

5. GENETİK VE MOLEKÜLER CEVAPLAR

Mazzard (*Prunus avium* L.), MaxMa 14 (*Mahaleb*×*Mazzard*) ve CAB-6P (*Prunus cerasus* L.) anaçları üzerinde aşılı '0900 Ziraat' kirazının bir yaşlı fidanlarında tuz stresi yaşandığında WRKY25, WRKY33 ve WRKY38 genlerinin etkisinin tuzlulukla önemli ölçüde artması tuzluluğa karşı bir savunma mekanizmasının tetiklendiğini açıkça göstermektedir (Aras vd.2023).

6. KİRAZLARDA MOLEKÜLER STRES MEKANİZMALARI

Kirazlarda tuz stresine karşı moleküler mekanizmaların anlaşılmasına yönelik çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. CAB-6P, MaxMa 14 ve Mazzard anaçlarının orta tuzluluk seviyelerinde nispeten dayanıklı olduğu ve fizyolojik tepkilerle moleküler yanıtlar arasında etkileşim vardır (Aras vd., 2019). *Prunus avium* genomunda bulunan 10 CBL ailesi geninden PavCBL4 tuz stresi etkisiyle güçlü şekilde aktive edilerek, PavSOS2 proteini ile etkileşerek hem sitoplazmada hem de çekirdekte lokalize olmaktadır. Transgenik 'Gisela 6' bitkilerinde aşırı ekspresyon oluşması da tuz toleransını artırmaktadır. PavCBL4'ün Na^+ birikimini sınırlayarak ve antioksidan enzim aktivitesini yükselterek koruyucu tuz stresine karşı koruyucu bir rol oynadığı ortaya konmuştur (Huntapin vd., 2023). İn vitro koşullarda Gisela 5 anacı artan tuz konsantrasyonuna büyüme ve klorofil kaybı, oksidatif stres ve iyon dengesizlikleri ile tepki vermiş; malondialdehit içeriğinde artış gözlenmiştir. Aantioksidan enzim aktivitesini artırarak kendini korumaya çalışmasına karşın,

Na birikimi beslenme dengesini bozarak metabolizmasında sorunlara neden olmuştur (Ertürk vd., 2007). Tuz stresine karşı dayanıklılıkta antosiyanin düzeylerindeki farklılıkların belirleyici olduğu bildirilmiştir (Mahouachi, 2009; Chaves vd., 2009). R2R3-MYB transkripsiyon faktörleri stres tepkilerinde önemli rol almaktadır; ABA ile indüklenerek, promotör bölgelerinde stresle ilişkili cis-elementler taşıdıkları bilinmektedir. Hong Deng kiraz çeşidinden izole edilen PacMYBA geninin transgenik *Arabidopsis thaliana* bitkilerinde heterolog ekspresyonu, bu genin tuz stresi toleransı ve patojen direncinin pozitif bir düzenleyicisi olması buna bir örnektir (Shen vd., 2017).

7. DOKU KÜLTÜRÜ ÇALIŞMALARI

7.1. İyon Dengesi ve Ozmotik Stres Tepkileri

Colt kiraz anacının sürgün ucu kültürleri farklı NaCl konsantrasyonları içeren MS ortamında kültüre alındığında, düşük tuz düzeyleri (0–30 mM) sürgün sayısı ve uzunluğunu artırmış; orta düzeyleri (50–100 mM) sararmalar meydana getirmiş; yüksek tuz konsantrasyonunda (150 mM) ise şiddetli nekrozlar ortaya çıkmıştır. Tuz konsantrasyonu arttıkça sürgün sayısı, uzunluğu, yaş ağırlığı, klorofil miktarı ve besin elementleri (P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu) azalmış; buna karşılık Na içeriği yükselmiştir. Bu sonuçlar, Colt kiraz anacının düşük tuz koşullarında gelişim gösterebildiğini, ancak yüksek tuz seviyelerinde iyon dengesizliği ve ozmotik stres nedeniyle ciddi fizyolojik bozulmalar sergilediğini ortaya koymaktadır (Arıcı ve Eraslan, 2012).

7.2. Doku Kültürü ile Seçim

Doku kültürü teknikleri, tuzluluğa dayanıklı bireylerin belirlenmesinde etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Colt anacının (*Prunus avium* × *P. pseudocerasus*) kallus kültürleri farklı tuz konsantrasyonlarına sahip ortamlarda yetiştirildiğinde hayatta kalma oranlarının %1 ile %15 arasında değiştiği bildirilmiştir. Alt kültürlerde tuz ve osmotik stresi artırmak amacıyla

mannitol eklenen ortamlarda seçilen toleranslı hücre hatlarının daha küçük hücrelere sahip oldukları, tuz veya mannitol varlığında daha hızlı büyüdükleri ve daha yüksek hayatta kalma oranı gösterdikleri belirlenmiştir. Bu bulgular, doku kültürü tekniklerinin tuz stresine dayanıklı hatların seçilmesinde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır (Ochatt & Power, 1989).

8.TUZ UYGULAMALARININ OLUMLU ETKİLERİ

Düşük düzeyde tuz uygulamaları kiraz anaçlarının yapraklarında fotosentetik pigment içeriğini ve fotosentezi artırabilmektedir. Ayrıca spektral yansıma özellikleri, bitkinin tuz stres derecesini belirlemede kullanılabilecek bir gösterge olarak değerlendirilmektedir. Daqingye kiraz anacında yapılan çalışmada, tuz stresi altında net fotosentez oranı, terleme oranı, stoma iletkenliği ve hücreler arası karbondioksit konsantrasyonunun tuz konsantrasyonunun artmasıyla önce yükseldiği, daha sonra azaldığı belirlenmiştir. Bu bulgular, uygun düşük tuz uygulamalarının kiraz anaçlarında fotosentezi teşvik edebileceğini ve spektral analizlerin tuz stresini izleme aracı olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır (Tian vd., 2022).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kiraz yetiştiriciliğinde gelecekte kalitesi azalmakta olan, düşük kaliteli su kaynaklarının kullanımı kaçınılmaz olacaktır. Tuzluluk etkilerine önlem olarak drenaj sistemlerinin iyileştirilmesine ve tuzlu sulama sularının etkilerinin ayrıntılı olarak incelenerek gerekli çözüm önerilerinin üretilmesine gereksinim yüksektir. İklim değişikliğinin etkileriyle birlikte meyve üretiminde kullanılan anaç ve çeşitlerde değişimler artarak sürmektedir. Farklı iklim koşullarına uyum sağlayabilecek, daha düşük soğuklama ihtiyacına sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesi ve mevcut materyallerin değişen toprak-iklim koşullarına uyum kapasitelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Yeni çeşit ve anaç geliştirme programlarında diğer özelliklerin

yanı sıra, tuz stresi koşullarının da programlara dahil edilmesi hedeflerden biri olmalıdır. Kök bölgesinde tuzlanma ile oluşan olumsuz koşullar altında iyi yetişebilen anaç ve çeşitlerin seçilmesine yönelik yaklaşımlar, tuzluluk sorununa kalıcı ve çevre dostu çözümler getirecektir.

KAYNAKLAR

AbuQamar, S. F., El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Desoky, E. S., Elrys, A. S., Abd El-Mageed, T. A., Semida, W. M., Abdelkhalik, A., Mosa, W. F. A., Al Kafaas, S. S., Naser, S., Ibrahim, E. H., Alshamsi, F. M. K., Mathew, B. T., & El-Tarabily, K. A. (2024). Halotolerant plant growth-promoting rhizobacteria improve soil fertility and plant salinity tolerance for sustainable agriculture—A review. *Plant Stress, 12*, 100482. https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100482

Aras, S., & Eşitken, A. (2017). Physiological responses of sweet cherry (*Prunus avium* L.) grafted on different rootstocks to moderate salt stress. *Acta Horticulturae, 1162*, 123–130. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1162.18

Aras, S., & Eşitken, A. (2018). Shading treatments improved plant growth and physiological responses of sweet cherry plants subjected to salt stress. *Bozok Journal of Agriculture and Natural Sciences, 2*(2), 95–103. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3512038

Aras, S., & Eşitken, A. (2019). Salt stress-induced physiological and molecular responses in cherry rootstocks: Expression of WRKY genes. *Spanish Journal of Agricultural Research, 17*(4), e0806. https://doi.org/10.5424/sjar/2019174-15400

Aras, S., & Keleş, H. (2023). Shading alleviates salt stress damage in sweet cherry (*Prunus avium* L.) by improving physiological responses and enhancing anthocyanin accumulation. *Scientia Horticulturae, 317*, 112045. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112045

Aras, S., Eşitken, A., & Karakurt, Y. (2019). Morphological and physiological responses and some WRKY genes expression in cherry rootstocks under salt stress. *Spanish Journal of Agricultural Research, 17*(4), e0806. https://doi.org/10.5424/sjar/2019174-15400

Aras, S., Eşitken, A., & Karakurt, Y. (2021). Effects of shading treatments on growth and physiological responses of sweet cherry plants under salt stress. *Acta Horticulturae, 1309*, 57–64. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.9

Aras, S., Eşitken, A., & Karakurt, Y. (2023). Comparative physiological and molecular responses of sweet cherry (*Prunus avium* L.) grafted on CAB-6P and MaxMa14 rootstocks under salt stress. *Scientia Horticulturae, 316*, 112020. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112020

Arıcı, Ş., & Eraslan, F. (2012). Tuz stresinin Colt kiraz anacının in vitro gelişimi üzerine etkileri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26*(2), 45–52. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1234567

Balal, R. M., Ashraf, M., Khan, M. M. A., Jaskani, M. J., Ashfaq, M., & Abbas, M. (2011). Influence of salt stress on growth and biochemical parameters of citrus rootstocks. *Pakistan Journal of Botany, 43*(4), 2135–2141.

Chaves, M. M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany, 103*(4), 551–560. https://doi.org/10.1093/aob/mcn125

Ertürk, U., Sivritepe, N., & Yerlikaya, C. (2007). Effects of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in cherry rootstocks. *Biologia Plantarum, 51*(3), 571–574. https://doi.org/10.1007/s10535-007-0129-4

Gucci, R., & Tattini, M. (1997). Salinity tolerance in Prunus. In R. Guerri, R. Gucci, & M. Tattini (Eds.), *Salinity tolerance in plants: Strategies for crop improvement* (pp. 206–215). Springer.

Huntapin, J., Wang, Y., Li, H., Zhang, P., & Liu, R. (2023). PavCBL4 enhances salt tolerance in sweet cherry (Prunus avium L.) by interacting with PavSOS2 and regulating antioxidant activity. *Plant Physiology and Biochemistry, 198*, 107632. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.107632

Jia, L., Qin, X., Lyu, D., Qin, S., Zhang, P., & Zhang, X. (2019). ROS production and scavenging in three cherry rootstocks under short-term waterlogging conditions. *Scientia Horticulturae, 257*, 108647. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108647

Küçükyumuk, C., Yıldız, H., & Ünlükara, A. (2014). Tuz stresinin farklı anaçlar üzerine aşılı kirazın vejetatif gelişimine etkilerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 1*(2), 154–161. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/262479

Mahouachi, J. (2009). Changes in nutrient concentrations and leaf gas exchange parameters in banana plantlets under salinity stress. *Fruits, 64*(2), 101–107. https://doi.org/10.1051/fruits/2009009

Ochatt, S. J., & Power, J. B. (1989). Selection of salt-tolerant cell lines of cherry rootstock Colt (Prunus avium × P. pseudocerasus) using in vitro culture techniques. *Plant Cell Reports, 8*(9), 601–604. https://doi.org/10.1007/BF00270073

Papadakis, I. E., Veneti, G., Chatzissavvidis, C., Sotiropoulos, T. E., Dimassi, K. N., & Therios, I. N. (2007). Growth, mineral composition, leaf chlorophyll and water relationships of two cherry varieties under NaCl-induced salinity stress. *Soil Science and Plant Nutrition, 53*(3), 252–258. https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2007.00130.x

Shen, Y., Zhang, Y., Chen, J., & Liu, R. (2017). PacMYBA, an R2R3 MYB transcription factor from sweet cherry (Prunus avium L.), enhances salt tolerance and pathogen resistance in Arabidopsis. *Plant Cell Reports, 36*(8), 1237–1250. https://doi.org/10.1007/s00299-017-2156-9

Sotiropoulos, T. E., Therios, I. N., Dimassi, K. N., Bosabalidis, A. M., Kofidis, G., & Drossopoulos, J. B. (2006). Nutritional status, growth, chlorophyll content, and antioxidant responses of cherry rootstocks under boron and salinity stress. *Journal of Plant Nutrition, 29*(10), 1797–1808. https://doi.org/10.1080/01904160600851441

Tian, L., Zhang, Y., Wang, Y., Liu, R., & Xu, J. (2022). Effects of salt stress on photosynthetic pigments, gas exchange, and spectral reflectance in Daqingye cherry rootstock. *Scientia Horticulturae, 293*, 110707. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110707

Toro, G., Zoffoli, J. P., Balic, I., & Campos-Vargas, R. (2021). Response of cherry rootstocks (*Prunus avium* and *Prunus cerasus*) to salt stress: Physiological and growth parameters. Scientia Horticulturae, 281, 109975. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109975

Xu, J., Xu, Y., Wang, Y., Lv, Z., Liu, X., Sun, W., Manzoor, M. A., Liu, R., Wang, S., Jiu, S., & Zhang, C. (2024). Exogenous salicylic acid improves photosynthetic and antioxidant capacities and alleviates adverse effects of cherry rootstocks under salt stress. *Journal of Plant Growth Regulation, 43*(4), 1428–1446. https://doi.org/10.1007/s00344-023-11195-6

Yılmaz, E., Tuna, A. L., & Bürün, B. (2011). Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7*(1), 47–66. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/45657

BÖLÜM 8
KÜRESEL SÜS BİTKİLERİ SEKTÖRÜNDE TÜRKİYE'NİN YERİ VE ÜLKE EKONOMİSİNE KATKISI

Öğr. Gör. Ayşegül HACIALİOĞLU[11]
Doç. Dr. Bahar AYDIN CAN[12]

DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18117835

[11] Kocaeli Üniversitesi, İzmit Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Kocaeli, Türkiye. [1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-2647-2351
[1]hacialioglu@kocaeli.edu.tr, +90 5534068841

[12] Kocaeli Üniversitesi, İzmit Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Kocaeli, Türkiye.[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1096-7875
[2]baharcan@kocaeli.edu.tr, +90 5052661370

GİRİŞ

Süs bitkileri 20. yüzyılın başından itibaren dünya çapında ekonomik açıdan adından söz ettirmeye başlarken günümüzde pek çok ülkenin ekonomisine önemli katkılar sağlayan dinamik bir sektör haline gelmiştir. Ülkemiz coğrafi konumu, iklimi ve elverişli konumu ile önemli avantajlara sahip olup bu konuda önemli bir potansiyele sahiptir. Süs bitkileri sektörü, istihdam yaratma potansiyeli dikkate alındığında tarım ve üretim süreçlerinde geniş bir iş gücü gerektirdiğinden dolayı ülke ekonomisi için önemlidir. Bu sektörün ihracat faaliyetleri ülkemiz için önemli bir gelir kapısı olmaktadır. Ayrıca süs bitkilerinin doğru üretim ve kullanımı, kentsel yeşil alanların ve ekosistemlerin korunmasına yardımcı olarak çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önemli bir rol oynamaktadır.

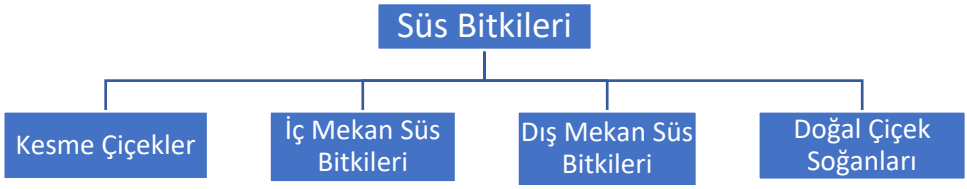
Bu çalışmada, son yıllarda ülkemizde istikrarlı bir büyüme ve gelişme sağlayan süs bitkileri sektörünün üretim, ihracat ve ithalat verilerinden de yola çıkılarak ülke ekonomisine sağladığı katkılar ve gelişmesine yönelik öneriler ele alınmaktadır.

Türkiye'de süs bitkileri üretimi ve pazarlama sektörü sürekli gelişen, ekonomik potansiyeli güçlü bir sektördür. Çağın gereksinimlerini yakalamak ve yenilikçi yaklaşımları sürece entegre etmek mevcut durumunu ve gelişimini analiz ederek başlamaktadır. Bu çerçevede dünyada ve Türkiye'de süs bitkileri üretimi, ihracat ve ithalatı istatistiksel verilerle incelenerek 2022-2023 yılları arasında nasıl bir gelişim gösterdiği ve konu ile ilgili ne gibi bir politika izlendiği tespit edilmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın ana materyalini Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Tarım ve Orman Bakanlığı, Uluslararası Ticaret Merkezi (TRADE MAP), elde edilen veriler ve konu ile ilgili daha önce yapılmış araştırmalardan elde edilen sonuçlar oluşturmaktadır.

1. SÜS BİTKİLERİNİN TANIMI VE ÖNEMİ

Süs bitkileri; işlevsel, ekonomik ve estetik amaçlarla çeşitli yöntemler kullanılarak çoğaltılan ve yetiştirilen bitkilerdir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı TAGEM AR-GE & İnovasyon, 2020-24:3). Yaygın kullanım amaçlarına göre kesme çiçekler, iç mekân (saksılı) süs bitkileri, dış mekân süs bitkileri ve doğal çiçek soğanları olmak üzere dört ana kategoriye ayrılır (Tarım ve Orman Dergisi, 2024) (Şekil 1).



Şekil 1. Süs bitkilerinin sınıflandırılması.

Kesme çiçekler; buket, sepet, çelenk ve aranjman yapımında kullanılan, çiçek, goca, yaprak ve dalların çeşitli işlemlerden geçirilerek yetiştirilmesi, toplanarak işlenmesi ve pazarlanması gibi süreçleri kapsamaktadır (Süs Bitkileri ve Mamulleri İhracatçıları Birliği, 2020). İç mekan süs bitkileri; ev, ofis gibi kapalı alanlarda veya balkon gibi yarı kapalı mekanlarda yetiştirilmeye uygun olan, dekoratif yaprakları, çiçekleri veya gövdeleri ile dikkat çeken ve farklı saksı, kap veya kasalarda yetiştirilebilen bitkilerdir (Yazıcı, 2020). Dış mekan süs bitkileri, park ve bahçelerin düzenlenmesi, karayolu ve şehirlerin ağaçlandırılması ile rekreasyon alanlarında kullanılan ağaç, ağaççık, çalı ve otsu bitkilerdir. Bu bitkiler, büyüklükleri, formları, işlevleri ve bitkisel özelliklerine göre beş grupta incelenmektedir:

- Geniş Yapraklı Ağaç, Ağaççık ve Çalılar
- İbreli Ağaç ve Ağaççıklar

- Yer Örtücü, Tek ve Çok Yıllık Bitkiler
- Tırmanıcı, Sarılıcı, Sarkıcı Bitkiler
- Mevsimlik Bitkiler

Bu gruplar, peyzaj düzenlemelerinde farklı ihtiyaçlara ve estetik tercihlere göre kullanılmaktadır. Doğal çiçek soğanları, doğada kendiliğinden çoğalan ve toprak altında soğan, yumru ve rizom gibi özelleşmiş organlara sahip otsu bitkilerdir. Bu bitkiler "geofit" olarak da adlandırılır. Özellikle tıp alanında kullanılan doğal çiçek soğanları, aynı zamanda iç mekan süs bitkilerinin ıslahı ve anaç üretiminde yeni çeşitlerin geliştirilmesinde de önemli bir rol oynar. (Süs Bitkileri ve Mamulleri İhracatçıları Birliği, 2020).

Türkiye de ülkenin sahip olduğu iklim çeşitliliği, stratejik coğrafi konumu ve Avrupa, Orta Doğu ve Orta Asya pazarlarına yakınlığı sayesinde süs bitkileri üretimi ve ticareti açısından önemli bir potansiyele sahiptir (TÜİK, 2021; Arslan & Kılıç, 2020; Eskimez ve ark., 2025). Ancak çalışmalar, Türkiye'nin küresel süs bitkileri ticaretinden aldığı payın henüz sınırlı olduğunu ve üretim teknolojileri, pazarlama ve markalaşma alanlarında gelişmeye ihtiyaç duyulduğunu vurgulamaktadır (Arslan & Kılıç, 2020). Buna rağmen son yıllarda artan ihracat hacmi ve sektöre yönelik desteklerin, Türkiye'nin küresel süs bitkileri sektöründeki konumunu güçlendirebileceği ifade edilmektedir (TÜİK, 2021).

2. KÜRESEL SÜS BİTKİLERİ SEKTÖRÜNÜN GENEL YAPISI

Süs bitkileri sektörü günümüzde hızlı bir büyüme ve değişme gösteren dinamik bir sektördür (FAO, 2019). Globalleşme ve bunun gelir düzeyine etkisi, teknolojinin gelişmesi sonucu sosyal medya kullanımının farklı bölgelerdeki insanların hayat görüşlerinin üzerine etkisi sonucu birçok ülkede kişi başına düşen süs bitkisi tüketimi artış göstermiştir. Bu durum küresel çaptaki sektörel rekabetin de giderek yükselmesine neden olmuştur (ITC,

2020). Süs bitkileri sektörü, ekonomiyi önemli oranda geliştirmekte ve istihdam olanakları yaratmaktadır (Van den Berg & Jansen, 2018).

Günümüzde dünya genelinde gelişmiş ve hatta pek çoğu gelişmekte olan 50'den fazla ülkede süs bitkileri üretimi gerçekleştirilmektedir. Gelişmekte olan ülkeler, ucuz iş gücü ve düşük üretim maliyetleri ile bu sektörden önemli bir gelir elde etmektedirler (UN Comtrade, 2020; Adebayo ve ark., 2020). Küresel pazarda Kolombiya, İsrail, Kenya ve Ekvador gibi bazı ülkelerde süs bitkilerinin en önemli alt grubunu oluşturan kesme çiçekler, geleneksel ana ihraç ürünleri arasında yer almaktadır (ITC, 2020; FAO, 2019). Dünya süs bitkileri ticaret hacmi 42 milyar doların üzerinde olup, tüketim özellikle yüksek satın alma gücüne sahip pazarlara odaklanmaktadır. Bu pazarlara başlıca Avrupa ülkeleri, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya örnek olarak verilebilir (UN Comtrade, 2020).

Süs bitkileri sektörü, küresel tarım ve ticaret sistemi içerisinde ekonomik değeri yüksek ve ihracat odaklı bir alandır. Süs bitkileri üretimi dünya genelinde yaklaşık 145 ülkede gerçekleştirilmekte olup sektör hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler açısından önemli ekonomik fırsatlar sunmaktadır (FAO, 2019; ITC, 2020). Kolombiya, Ekvador, Etiyopya ve Kenya gibi ülkelerin süs bitkileri üretiminde öne çıkmasının temel nedenleri arasında düşük iş gücü maliyetleri, uygun iklim koşulları ve ihracata yönelik üretim sistemleri gösterilmektedir (UN Comtrade, 2020; FAO, 2019). Özellikle kesme çiçek üretiminde bu ülkelerin küresel pazarlarda önemli rekabet avantajları elde ettiği vurgulanmaktadır. Buna karşılık, Hollanda sınırlı tarım alanlarına rağmen ileri sera teknolojileri, güçlü lojistik altyapısı, açık artırma sistemi ve etkin pazarlama ağları sayesinde dünya süs bitkileri üretimi ve ticaretinde lider konumunu sürdürmektedir (ITC, 2020; Van den Berg & Jansen, 2018).

Küresel süs bitkileri ticaretine ilişkin veriler, sektörün son yıllarda istikrarlı bir büyüme eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Dünya süs bitkileri ihracatının son on yılda %27,8 oranında arttığı ve 2019 yılında 22,3 milyar

dolar seviyesine ulaştığı görülmektedir (ITC, 2020; FAO, 2019). Bu artış, süs bitkileri sektörünün dünya tarım ticareti içerisindeki öneminin giderek arttığını göstermektedir.

3. TÜRKİYE'DE SÜS BİTKİLERİ ÜRETİMİ

Türkiye, sahip olduğu iklim çeşitliliği, coğrafi konumu ve biyolojik zenginliği sayesinde süs bitkileri yetiştiriciliği açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Özellikle kesme çiçekler, iç ve dış mekan süs bitkileri ile çiçek soğanları üretimi, hem iç pazarın ihtiyaçlarını karşılamakta hem de ihracat yoluyla ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır.

Süs bitkileri üretiminde talebe ve şartlara göre üretim çeşitlilikleri farklılaşmaktadır. Yıllara göre tüketici tercihleri kimi zaman değişmekte bu değişimle birlikte sektörün üretim stratejileri de yeniden yapılanma sürecine girmektedir. Örneğin Tablo 1'de de görüldüğü üzere Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2022-2023 verilerine bakıldığında kesme çiçekler ve dış mekân bitkilerinde görece durağanlık yaşanırken, iç mekân süs bitkilerinde kayda değer bir büyüme olduğu görülmektedir. Toplam üretim miktarı %4 oranında artış göstererek 2,16 milyar adete ulaşmıştır. Bu artış, sektörün genel büyüme eğilimini ortaya koymakla birlikte, alt ürün grupları arasında farklı yönelimler bulunmaktadır. Kesme çiçekler, toplam üretim içerisinde en yüksek paya (%65,3) sahip olmasına rağmen, üretim miktarında %0,8 oranında bir azalma kaydedilmiştir. Dış mekan süs bitkileri de %24,3 lük payıyla önemli bir konumda bulunmasına rağmen %2,3 oranında bir gerileme yaşamıştır. Çiçek soğanları üretiminde %7 oranında azalma kaydedilmiştir. İç mekan süs bitkilerinde ise üretim miktarı %252,2 oranında artarak toplam üretim içerisindeki payını %7,2'ye yükseltmiştir. Bu artış, kentleşme, iç mekan yaşam alanlarının estetik düzenlenmesi, kişilerin sosyo-ekonomik düzeylerinin yükselmesi, teknolojik çağda olmanın getirdiği kimi avantajlar ve iç mekân bitkilerine yönelik tüketici talebindeki yükselişin bir yansıması olarak

değerlendirilebilmektedir (Yazıcı, 2020). Tabloya göre üretimde kimi alt gruplarda düşüşler yaşandığı halde Türkiye'de süs bitkileri üretimi artış eğilimi göstermektedir.

Tablo 1. Türkiye'de süs bitkileri üretim miktarları, 2022-2023

(Adet - Number)

	Üretim - Production				
Süs bitkileri - Ornamental plants	2022	**Pay (%)** Share (%)	2023	**Pay (%)** Share (%)	**Değişim (%)** Change (%)
Toplam - Total	**2 079 960 671**	**100,0**	**2 163 748 549**	**100,0**	**4,0**
Kesme çiçekler - Cut flowers	**1 424 921 345**	**68,5**	**1 413 978 778**	**65,3**	**-0,8**
Dış mekan süs bitkileri					
Outdoor ornamental plants	537 962 657	25,9	525 484 719	24,3	-2,3
Çiçek soğanları					
Flowers bulbs	72 546 322	3,5	67 448 100	3,1	-7,0
İç mekan süs bitkileri					
Indoor ornamental plants	44 530 347	2,1	156 836 952	7,2	252,2

Kaynak:TÜİK, 2023

Tablo 2'ye bakıldığında ülkemizdeki süs bitkileri üretim alanlarının büyüme gösterdiğini görmekteyiz. Özellikle iç mekan süs bitkilerinde üretim miktarları ile paralel olarak bir gelişme bulunmaktadır. 2022 yılında 56.865.613 m² olan kesme çiçek üretim alanı, 2023 yılında %2,25 oranında artarak 58.146.014 m²'ye ulaşmıştır. Bu artış, kesme çiçeklerin ticari değerinin korunmakta olduğunu ve sektörün bu alandaki üretim faaliyetlerini istikrarlı biçimde sürdürdüğünü göstermektedir. İç mekan süs bitkileri üretim alanı, 2022'de 1.839.474 m² iken 2023'te %12,35'lik bir artışla 2.066.672 m²'ye yükselmiştir. Çiçek soğanları üretim alanı, 2022'de 505.568 m² iken 2023'te %31,47 oranında azalarak 346.548 m²'ye gerilemiştir. Dış mekan süs bitkileri üretim alanı, 2022'de 39.855.385 m² iken 2023'te %2,94'lük bir artışla 41.026.324 m²'ye çıkmıştır. Bu artış, çevre düzenlemeleri ile ilgili gelişmelerle ilişkilendirilebilmektedir. Ancak dış mekan süs bitkilerinde bu artışa karşın üretim miktarı daha düşüktür. Bunun pek çok nedeni olabilmekle birlikte verimlilikte düşüklük yaşanması, olağandışı iklim koşulları miktar yerine

çeşitlilik veya kaliteye yönelinmiş olması olası sebeplerdendir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2023 yılı verileri bakıldığında, Türkiye'de süs bitkileri üretim alanlarında genel bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. Bu durum, sektördeki üretim kapasitesinin genişlediğini ve süs bitkilerine yönelik talebin sürdüğünü göstermektedir.

Tablo 2. Türkiye'de süs bitkileri üretim alanları, 2022-2023

Kesme çiçekler Cut flowers	**İç mekan süs bitkileri** Indoor ornamental plants	**Çiçek soğanları** Flowers bulbs	**Dış mekan süs bitkileri** Outdoor ornamental plants	**Yıl** Year
				Area sown (m^2)
56 865 613	1 839 474	505 568	39 855 385	2022
58 146 014	2 066 672	346 548	41 026 324	2023

Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023

Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) Tablo 3'teki 2023 yılı verilerine göre, süs bitkileri üretim alanları iller bazında incelendiğinde, genel olarak üretim alanlarında sınırlı bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. Bu durum, süs bitkileri sektörünün bölgesel düzeyde sürdürülebilirliğini koruduğunu ve bazı illerde üretim kapasitesinin genişletildiğini göstermektedir. İzmir, Sakarya ve Antalya illeri, hem 2022 hem de 2023 yıllarında en yüksek üretim alanına sahip iller olarak öne çıkmaktadır. İzmir, 2022 yılında 16.398 dekar olan üretim alanını 2023 yılında 16.449 dekara çıkarmıştır. Sakarya ise üretim alanlarını 10.094 dekardan 10.166 dekara yükseltmiştir. Antalya'da ise üretim alanı 8.066 dekardan 7.870 dekara gerileyerek bir düşüş yaşanmıştır. Bursa, Yalova, Edirne ve Mersin illerinde üretim alanlarında artışlar gözlemlenmiştir: Bursa, %4,56'lık artışla 5.346 dekardan 5.590 dekara, Yalova: %6,69'luk artışla 4.545 dekardan 4.849 dekara, Edirne: %15,63'lük artışla 1.600 dekardan 1.850 dekara, Mersin: %21,83'lük artışla 1.269 dekardan 1.546 dekara yükselmiştir. Adana ve Manisa illerinde üretim alanları sabit kalmıştır (1.360 ve 903 dekar).

Isparta ilinde ise üretim alanı %20,61 oranında azalarak 1.815 dekardan 1.441 dekara gerilemiştir. Bu düşüşün nedeninin araştırılması gerekmekle birlikte üretim tercihlerindeki değişim, iklimsel faktörler veya ekonomik nedenlerden dolayı olabilmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, Türkiye'de süs bitkileri üretimi bölgesel olarak farklılık göstermektedir. İzmir ve Sakarya gibi iller sektördeki liderliğini korurken, Mersin ve Edirne gibi illerdede artışlar görülmektedir. Bu veriler, süs bitkileri için tarımsal planlamaya yön vermek açısından önemli bir kaynak teşkil etmektedir.

Tablo 3. 2022 ve 2023 Yıllarına Göre Türkiye'de En Fazla Süs Bitkileri Üretimi Olan İllerde Üretim Alanları.

Şehir	2022 Üretim Alanı (dekar)	2023 Üretim Alanı (dekar)
İzmir	16.398	16.449
Sakarya	10 094	10 166
Antalya	8 066	7 870
Bursa	5 346	5 590
Yalova	4 545	4 849
Edirne	1 600	1 850
Mersin	1 269	1 546
Isparta	1 815	1 441
Adana	1 360	1 360
Manisa	903	903

Kaynak: TUIK, 2023

4. TÜRKİYE'DE VE DÜNYADA SÜS BİTKİLERİ TİCARETİ

Son yıllarda yaşanan gerek pandemi, gerekse siyasal çatışmalar ve yaşanan savaşlara rağmen dünya süs bitkileri ihracatı gelişmeye devam etmiştir (Kazaz ve ark., 2025). Günümüzde süs bitkileri, istihdam sağlayan, potansiyeli yüksek bir sektör olup yaşam standartlarının ve yeşile verilen önemin de artmasıyla küresel çapta talep gördüğü için hem üretici hem tüketici ülkeler açısından yoğun bir faaliyet alanı haline gelmiştir (FAO, 2019).

Süs bitkileri talebi genel olarak yüksek gelirli toplumların talepleri doğrultusunda şekillenmektedir. Buna göre Avrupa ülkeleri, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya, süs bitkileri ithalatında başlıca pazarlar olarak öne çıkmaktadır (UN Comtrade, 2020). Buna karşılık, elverişli iklim koşullarına ve düşük üretim maliyetlerine sahip ülkeler, süs bitkileri üretimi ve ihracatında önemli rekabet avantajları elde etmektedir. Özellikle Hollanda, gelişmiş sera teknolojileri, güçlü lojistik altyapısı ve açık artırma sistemi sayesinde dünya süs bitkileri ticaretinde merkez ülke konumunu sürdürmektedir (Van den Berg & Jansen, 2018; ITC, 2020).

Türkiye'de süs bitkileri ticareti ise son yıllarda üretim kapasitesindeki artış, ihracat pazarlarının çeşitlenmesi ve sektöre yönelik teşvikler doğrultusunda gelişme göstermektedir. Türkiye'nin sahip olduğu iklim çeşitliliği, stratejik coğrafi konumu ve Avrupa, Orta Doğu ile Orta Asya pazarlarına yakınlığı, süs bitkileri ticareti açısından önemli avantajlar sunmaktadır (TÜİK, 2021). Ancak mevcut veriler, Türkiye'nin küresel süs bitkileri ticaretinden aldığı payın sınırlı olduğunu; buna karşın özellikle ihracat odaklı büyüme açısından önemli bir potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır (ITC, 2020). Bu bağlamda, Türkiye'de ve dünyada süs bitkileri ticaretinin yapısının incelenmesi, sektörün mevcut durumu, rekabet gücü ve gelecekteki gelişim olanaklarının değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Tablo 4. Dünya Süs Bitkileri İthalatı, 2022-2023

Birim : ABD Doları*1000

	İthalatçı	İthalat Değeri 2022	Dağılım %	İthalat Değeri 2023	Dağılım %
	Dünya	23899739		23813310	
1	Amerika	3950209	16,50	4001749	16,80
2	Almanya	3516928	14,70	3355318	14,09
3	Hollanda	2472599	10,35	2472107	10,38
4	Birleşik Krallık	1907732	7,98	1812274	7,61
5	Fransa	1433187	6,00	1389096	5,83
6	İtalya	693168	2,90	967802	4,06
7	İsviçre	656874	2,75	663871	2,79
8	Polonya	584294	2,44	585439	2,46
9	Japonya	569423	2,38	544765	2,29
10	Kanada	565652	2,37	539847	2,27
41	Türkiye	47535	0,20	67581	0,28

Kaynak: TRADEMAP, 2023

Tablo 4'te, 2022 ve 2023 yıllarında dünya süs bitkileri ithalatında öne çıkan ülkeleri, ithalat değerleri ve dünya toplamı içindeki paylarını (%) göstermektedir. Veriler, küresel süs bitkileri ticaretinin büyük ölçüde gelişmiş ülkelerde yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Dünya süs bitkileri ithalat değeri 2022 yılında 23,9 milyar ABD doları, 2023 yılında ise 23,8 milyar ABD doları seviyesinde gerçekleşmiştir. Toplam ithalat değerinde bir düşüş gözlenmekle birlikte, küresel talebin genel olarak istikrarlı seyrettiği söylenebilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri, her iki yılda da dünya süs bitkileri ithalatında ilk sırada yer almaktadır. 2023 yılında ithalat değeri yaklaşık 4,0 milyar ABD doları olup dünya ithalatının %16,8'ini oluşturmuştur. Almanya, %14 civarındaki payıyla ikinci sırada yer almakta, Avrupa'nın en büyük süs bitkileri ithalatçısı konumunu sürdürmektedir. Hollanda, yalnızca önemli bir üretici ve ihracatçı olmasına rağmen aynı zamanda yüksek ithalat hacmiyle dikkat çekmektedir. Birleşik Krallık ve Fransa, Avrupa'daki yüksek tüketim talebi nedeniyle önemli ithalatçı ülkeler arasında yer almaktadır. İtalya, 2022–2023

döneminde ithalat değerini belirgin şekilde artırmış ve dünya ithalatındaki payını %2,9'dan %4,06'ya yükseltmiştir. Japonya ve Kanada'da ise ithalat değerlerinde küçük miktarlarda düşüşler gözlenmekle beraber tüketim talebinde çok değişiklik yoktur. Türkiye, 2022 yılında 47,5 milyon ABD doları olan süs bitkileri ithalatını 2023 yılında 67,6 milyon ABD dolarına yükseltmiştir. Bu artışa rağmen Türkiye'nin dünya süs bitkileri ithalatındaki payı %0,28 ile oldukça sınırlı düzeydedir ve ülke 41. sırada yer almaktadır. Bu durum, Türkiye'nin süs bitkileri sektöründe ithalatçıdan ziyade üretici ve ihracatçı potansiyeline sahip bir ülke olduğunu göstermektedir. Tablo, küresel süs bitkileri ticaretinde talebin büyük ölçüde yüksek gelirli ülkelerde yoğunlaştığını, Avrupa ve Kuzey Amerika'nın başlıca ithalat pazarları olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye ise dünya ithalatı içinde küçük bir paya sahip olmakla birlikte, ithalat artış eğilimi sektördeki iç talebin büyüdüğüne işaret etmektedir.

Tablo 5. Türkiye'nin Süs Bitkileri İhracatı, 2022-2023

Birim : ABD Doları*1000

	İthalatçı	İhracat değeri 2022	Dağılım %	İhracat değeri 2023	Dağılım %
	Dünya	138250		135226	
1	Hollanda	44640	32,29	38423	28,41
2	Birlerşik Krallık	8283	5,99	12000	8,87
3	Azerbaycan	9828	7,11	10406	7,70
4	Gürcistan	7398	5,35	9446	6,99
5	Almanya	11814	8,55	9014	6,67
6	Irak	5959	4,31	6585	4,87
7	Rusya	4371	3,16	5818	4,30
8	Türkmenistan	6382	4,62	5721	4,23
9	Özbekistan	10635	7,69	4174	3,09
10	Danimarka	3174	2,30	3666	2,71

Kaynak: TRADEMAP, 2023

Tablo 5, Türkiye'nin süs bitkileri ihracatının 2022 ve 2023 yıllarındaki dağılımını, başlıca ihracat yapılan ülkeler ve bu ülkelerin toplam ihracat içindeki paylarıyla birlikte göstermektedir. Veriler, Türkiye'nin süs bitkileri ihracatının belirli pazarlarda yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Türkiye'nin süs bitkileri ihracatı 2022 yılında 138,25 milyon ABD doları iken, 2023 yılında 135,23 milyon ABD doları olarak gerçekleşmiştir. Toplam ihracat değerinde sınırlı bir gerileme gözlenmekle birlikte, genel düzeyin büyük ölçüde benzer seviyelerde seyrettiği söylenebilmektedir. Bu durum, küresel ekonomik koşullara rağmen sektörün ihracat kapasitesini büyük ölçüde koruduğunu göstermektedir. Hollanda, her iki yılda da Türkiye'nin en büyük süs bitkileri ihracat pazarıdır. Ancak Hollanda'ya yapılan ihracat 2022 yılında 44,6 milyon ABD doları (%32,29) iken, 2023 yılında 38,4 milyon ABD doları (%28,41) seviyesine gerilemiştir. Buna rağmen Hollanda, Türkiye için stratejik bir ticaret merkezi olma özelliğini sürdürmektedir. Birleşik Krallık, 2023 yılında ihracatını önemli ölçüde artırarak 12 milyon ABD doları ile ikinci sıraya yükselmiş ve payını %8,87'ye çıkarmıştır. Bu artış, Birleşik Krallık pazarının Türkiye için büyüme potansiyeli taşıdığını göstermektedir. Azerbaycan ve Gürcistan, Türkiye'nin süs bitkileri ihracatında bölgesel pazarlardaki önemini ortaya koymaktadır. Her iki ülkede de ihracat değerleri ve payları 2023 yılında artış göstermiştir. Almanya, 2022 yılında önemli bir pazar olmasına rağmen 2023 yılında ihracat değeri ve payı azalmıştır. Irak ve Rusya'ya yapılan ihracatta artış gözlenmiş, bu durum Orta Doğu ve Avrasya pazarlarının Türkiye açısından istikrarlı talep alanları olduğunu göstermiştir. Özbekistan, 2022 yılında yüksek bir paya sahipken 2023 yılında belirgin bir düşüş yaşamış, bu da ihracatın bazı pazarlarda dalgalı bir yapı sergileyebildiğini ortaya koymaktadır. Tablo genel olarak Türkiye'nin süs bitkileri ihracatının Avrupa ülkeleri ve yakın coğrafyaya odaklandığını, özellikle Hollanda'nın bir dağıtım ve yeniden ihracat merkezi olarak öne çıktığını göstermektedir. Bununla birlikte Birleşik Krallık, Azerbaycan ve Gürcistan gibi pazarlardaki artışlar,

Türkiye'nin ihracat pazarlarını çeşitlendirme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, Türkiye süs bitkileri ihracatında belirli pazarlara bağımlı olmakla birlikte, bölgesel pazarlarda büyüme fırsatları bulunan ve rekabet gücünü artırabilecek bir konumda yer almaktadır.

Tablo 6. Türkiye'nin Süs Bitkileri İthalatı, 2022-2023

Birim : ABD Doları*1000

	İhracatçı	İthalat Değeri 2022	Dağılım %	İthalat Değeri 2023	Dağılım %
	Dünya	47535		67581	
1	Hollanda	22315	46,94	28706	42,48
2	İtalya	7688	16,17	14565	21,55
3	İspanya	2892	6,08	5519	8,17
4	Fransa	3446	7,25	5431	8,04
5	Çin	3003	6,32	3600	5,33
6	Arnavutluk	311	0,65	1577	2,33
7	Almanya	2362	4,97	1527	2,26
8	Kenya	584	1,23	794	1,17
9	Kosta Rika	747	1,57	790	1,17
10	Guatemala	594	1,25	662	0,98

Kaynak: TRADEMAP, 2023

Tablo 6, Türkiye'nin süs bitkileri ithalatının 2022 ve 2023 yıllarındaki ülke bazlı dağılımını, ithalat değerleri ve toplam ithalat içindeki payları (%) ile birlikte göstermektedir. Veriler, Türkiye'nin süs bitkileri ithalatının belirli ülkelerde yoğunlaştığını ve özellikle Avrupa ülkelerinin ön plana çıktığını ortaya koymaktadır. Türkiye'nin süs bitkileri ithalatı 2022 yılında 47,5 milyon ABD doları iken, 2023 yılında 67,6 milyon ABD dolarına yükselmiştir. Bu artış, süs bitkileri ithalatında belirgin bir büyümeye işaret etmekte olup, iç pazardaki talebin arttığını ve ürün çeşitliliğine olan ihtiyacın yükseldiğini göstermektedir. Hollanda, her iki yılda da Türkiye'nin en önemli süs bitkileri ithalat kaynağıdır. 2022 yılında ithalatın %46,94'ü, 2023 yılında ise %42,48'i

Hollanda'dan gerçekleştirilmiştir. Payında sınırlı bir gerileme görülmesine rağmen Hollanda, Türkiye için başlıca tedarikçi ülke konumunu korumaktadır. İtalya, 2023 yılında ithalatını önemli ölçüde artırarak 14,6 milyon ABD doları ile ikinci sıraya yükselmiş ve payını %21,55'e çıkarmıştır. Bu durum, İtalya'nın Türkiye süs bitkileri pazarındaki ağırlığının hızla arttığını göstermektedir. İspanya ve Fransa, ithalat değerlerindeki artışla birlikte Türkiye'nin Avrupa pazarlarına olan bağımlılığını ortaya koymaktadır. Çin, Türkiye'nin ithalatında orta düzeyde bir paya sahip olmakla birlikte, 2023 yılında ithalat değerinde artış görülmüştür. Arnavutluk, 2022 yılına kıyasla 2023 yılında dikkat çekici bir artış göstermiş ve ithalat içindeki payını %2,33'e yükseltmiştir. Almanya'dan yapılan ithalat ise 2023 yılında azalmış, bu durum tedarikçi ülkeler arasında yer değiştirmelerin yaşandığını göstermektedir. Kenya, Kosta Rika ve Guatemala gibi ülkeler, Türkiye'nin ithalatında daha sınırlı paylara sahip olmakla birlikte, ürün çeşitliliği açısından önem taşımaktadır. Tablo genel olarak Türkiye'nin süs bitkileri ithalatında Avrupa ülkelerine yüksek düzeyde bağımlı olduğunu, özellikle Hollanda'nın bir tedarik ve dağıtım merkezi olarak öne çıktığını göstermektedir. 2023 yılında ithalattaki artış, iç pazarda talebin yükseldiğini ve Türkiye'nin bazı ürün gruplarında ithalata olan bağımlılığının devam ettiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, Türkiye'nin süs bitkileri sektöründe üretim kapasitesini ve ürün çeşitliliğini artırmaya yönelik politikaların önemini vurgulamaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye'nin süs bitkileri üretimi bakımından genç ve dinamik işgücü, yıl boyu üretime olanak sağlayan iklimi ve kıtalar arasındaki köprü durumunda olan coğrafi konumu gibi avantajları olduğu kadar çeşitli dezavantajları da bulunmaktadır. Ürün çeşitliliğindeki eksiklik, üretim materyallerinde dışa bağımlılık, yüksek enerji maliyetleri, eğitimli eleman eksikliği, arge

çalışmalarının eksik yapılması ya da hiç yapılmaması sektörde karşılaşılan sorunlardan bazılarıdır.

Ülkemizin zengin bitki çeşitliliğine sahip florasından süs bitkisi olarak kullanılabilecek ve rekabet gücü yüksek yerli çeşitler belirlenip geliştirilerek sektöre kazandırılmaya çalışılmalıdır. Bunun için de kurumların, üniversitelerin ve özel sektörün iş birlikleri desteklenip teşvik edilmesi, ayrıca süs bitkileri alanında yapılan AR-GE çalışmalarının arttırılıp desteklenmesi gerekmektedir. Bu şekilde yerli genetik kaynakları korunmuş olurken üretim maliyetlerindeki dışa bağımlılık da azalacaktır.

Türkiye'de kış aylarında sera ve örtüaltı üretimlerinde ısıtmaya harcanan enerji giderleri çok fazladır. Bundan dolayı kimi seralar yeterince ısıtılamamakta, kimileri de soba gibi uygun olmayan yöntemlerle ısıtılmaya çalışılmaktadır. Seralarda ısıtma giderinin düşürülmesi için jeotermal enerji ya da güneş enerjisi gibi sürdürülebilir ve yenilenebilir doğal enerji kaynaklarına yönelinmesi rekabet gücünü arttıracaktır.

Üreticilerin yurtiçi ve uluslararası pazarlara ulaşımının kolaylaştırılması gerekmekte ve soğuk zincirin kesintisiz devam edebilmesi için soğutuculu araçların kullanılması teşvik edilmelidir. Süs bitkileri ve içlerinden en çok kesme çiçekler hassas bozulabilir ürünler olduğu için hem karadan hem havadan uzak mesafelere yapılacak olan taşımacılık işlemlerinin en düşük fiyatlarla en kısa sürede gerçekleşmesi gerekmektedir. Üreticilerin ulusal ve uluslararası pazarlara erişimini kolaylaştırmak amacıyla lojistik altyapının güçlendirilmesinin yanında pazarlama kanallarının çeşitlendirilmesi gerekmektedir. Dijital pazarlama, e-ticaret ve markalaşma faaliyetleri, Türkiye'nin süs bitkileri ihracatında katma değeri artırabilecek önemli araçlar arasında yer almaktadır.

Süs bitkileri sektörünün sürdürülebilirliği, çevresel etkilerin dikkate alınmasıyla doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda su ve toprak kaynaklarının korunması ve biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilir şekilde yönetilmesi büyük

önem taşımaktadır. Özellikle doğal çiçek soğanlarının sökümü gibi faaliyetlerde çalışanların eğitilmesi ve bilinçlendirilmesi, doğal kaynakların korunması açısından kritik bir gerekliliktir. Eğitim ve yayım faaliyetlerinin artırılması, sektördeki yenilikçi uygulamaların yaygınlaşmasına da katkı sağlayacaktır. Okullarda, özellikle tarım ile ilgili eğitim veren önlisans ve lisans programlarında süs bitkileri sektöründe eğitimli ara eleman yetiştirilebilmesi için gerekli derslerin arttırılması ve deneyimin kazanılması amacıyla iş yerinde mesleki eğitim ile staj sürelerinin uzatılması sektöre büyük katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Adebayo, I.A., Pam, V.K., Arsad, H., Samian, M. R. (2020). The global floriculture industry: Status and future prospects. The Global Floriculture Industry, pp:1-14.

Arslan, M., & Kılıç, O. (2020). Türkiye'de süs bitkileri sektörünün yapısı ve dış ticaret açısından değerlendirilmesi. Bahçe, 49(2), 45–58.

Ay, Ö. G. D. S. (2009). SÜS BİTKİLERİ İHRACATI, SORUNLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ: Yalova Ölçeğinde Bir Araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(3), 423-443.

Dünya Süs Bitkileri Araştırma Raporu, Süs Bitkileri ve Mamulleri İhracatçıları Birliği, (2020). Erişim Adresi http://www.susbitkileri.org.tr/images/d/library/f3e9a4f0-abd9-4d63-8f39-e1b5451f5a3d.pdf

Eskimez, İ., Uzun, H., Karlı, B., Gül, M., Polat, M. (2025). Dünya ve Türkiye'nin Çiçek Soğanları Üretim Potansiyeli ve Dış Ticareti. Bahçe, 54 (Özel Sayı 1), 567-574.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). FAOSTAT statistical database. FAO. https://www.fao.org/faostat

International Trade Centre. (2020). Trade map: International trade statistics. ITC. https://www.trademap.org

Kazaz, S., Kırbay, E., Aydın, V., Meral E.D., Kılıç, T., 2025. Süs Bitkileri Üretiminde Mevcut Durum ve Gelecek. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye, Ziraat Mühendisliği X. Teknik Kongresi, 13-17 Ocak 2025, Ankara.

Tarım ve Orman Dergisi, (2024). Erişim Adresi http://www.turktarim.gov.tr/Haber/1059/turkiye-sus-bitkileri-yetistiriciliginde-onemli-avantajlara-sahip#:~:text=S%C3%BCs%20bitkileri%20yayg%C4%B1n%20kullan%C4%

B1m%20ama%C3%A7lar%C4%B1na%20g%C3%B6re%20d%C3%B6rt%20%C3%BCr%C3%BCn,d%C4%B1%C5%9F%20mek%C3%A2n%20s%C3%BCs%20bitkileri%20ve%20do%C4%9Fal%20%C3%A7i%C3%A7ek%20so%C4%9Fanlar%C4%B1d%C4%B1r.

TÜİK. (2020). Süs bitkileri üretim ve dış ticaret istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. https://www.tuik.gov.tr

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı TAGEM AR-GE & İnovasyon, (2021). Süs Bitkileri Sektör Politika

Belgesi 2020-2024. Erişim Adresi https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin /SÜS%20BİTKİLERİsektörpolitika%20.pdf

T.C. Türkiye İstatistik Kurumu. (2021). Süs bitkileri üretim ve dış ticaret istatistikleri. TÜİK.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı TUİK, Bitkisel Üretim İstatistikleri, (2023). Erişim Adresi https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2023-49535

United Nations Comtrade Database. (2020). International trade statistics database. United Nations. https://comtrade.un.org

Van den Berg, M., & Jansen, H. (2018). The global floriculture market: Structure, trends and competitiveness. Journal of Horticultural Economics, 12(3), 211–225. https://doi.org/10.1234/jhe.v12i3.211

Yazici, K. (2020). İç Mekân Süs Bitkilerinin Önemi ve Tüketici Eğilimlerinin Belirlenmesi: Tokat Kenti Örneği. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 22(3), 738-747. https://doi.org/10.24011/barofd.743195

BÖLÜM 9
ÇİÇEK SOĞANLARINDA *İN VİTRO* ÇALIŞMALAR

Dr. Öğr. Üyesi İlknur ESKİMEZ[13]
Prof. Dr. Mehmet POLAT [14]
DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18117903

[13] Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye. ilknureskimez@ isparta.edu.tr, orcid id: 0000-0003-4443-505X
[14] Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye. mehmetpolat@isparta.edu.tr, orcid id: 0000-0002-2415-4229

1. GİRİŞ

Süs bitkileri, estetik değerleri, çevresel koşullara uyum yetenekleri ve geniş kullanım alanları nedeniyle yaygın olarak yetişitirilen önemli bir bitki grubudur. Bu grup içerisinde kesme çiçek, dış mekan ve iç mekan süs bitkileri ve doğal çiçek soğanları olmak üzere dört sınıf bulunmaktadır (Dole ve Wilkins, 1999). Bu bitkiler; gerçek soğan, yumru, kök ve rizom gibi besin ve su depolama işlevi gören özelleşmiş yeraltı organlarına sahiptir (Benschop ve ark., 2010). Küresel çapta süs bitkileri sektörü içerisinde, çiçek soğanları, stratejik bir konuma sahip olup uluslararası ticaret hacmine, teknolojik gelişmelere ve kırsal istihdama katkılar sağlamaktadır.

Çiçek soğanları üretiminde Hollanda, Japonya ve bazı Akdeniz ülkeleri başta olmak üzere, birçok ülke büyük ölçekli ihracat faaliyetlerini destekleyen üretim sistemleri geliştirmiştir. Çiçek soğanlarına olan talep, ekonomik önemi, uzun süreli depolamaya elverişli olmaları, taşımada sağladıkları lojistik avantajlar, kültürel etkinlik dönemlerinde artan pazar talebi sayesinde daha da artmaktadır (Karagül ve ark., 2007). Ekonomik değerlerinin yanı sıra, bu bitkiler kentsel yeşil alanların planlanması ve geliştirilmesinde ve biyolojik çeşitliliğin desteklenmesinde de önemli bir işleve sahiptir. Zambak, nergis, anemon, lale gibi önde gelen çiçek soğanları; kesme çiçek, saksı bitkisi ve peyzaj gibi çeşitli alanlarda değerlendirilmek üzere dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Eskimez ve ark., 2025).

Çiçek soğanları; tohumla üretim**,** ana soğanın çevresinde oluşan yavru soğanların ayrılması**,** rizom veya yumruların göz içeren kısımlarının bölünmesi**,** gövde çelikleri**,** havaî gövde soğancıkları**,** soğanın pullarına ayrılması (scaling) veya dilimlenmesi (chipping)**,** soğanda çapraz kesim (cross-cutting)**,** merkez çıkarma (scooping) ve *in vitro* çoğaltım teknikleri gibi farklı yöntemlerle çoğaltılabilmektedir (Kumar ve ark., 2022; Yasemin ve

Beruta, 2024). Vejetatif çoğaltma yöntemleri, bazı patojenler olan virüs ve fungusların yayılımını kolaylaştırabilmekte**;** bu durum soğan ve çiçek

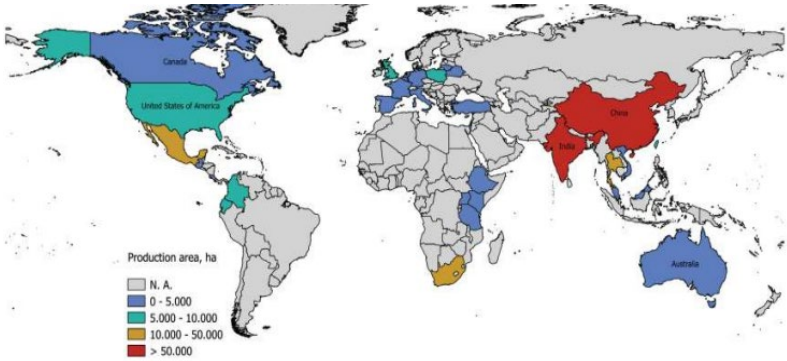
kalitesi açısından olumsuz etkilere neden olmaktadır (Mehbub ve ark., 2022). Bu sınırlamalara alternatif olarak, *in vitro* çoğaltım teknikleri, bitkilerin hızlı, kontrollü ve sağlıklı bir şekilde çoğaltılmasına olanak tanıyan etkili yöntemler olarak giderek son yıllarda, daha fazla önem kazanmaktadır.

Mikroçoğaltım teknikleri sayesinde, çevresel faktörlere bağlı kalmadan, laboratuvar koşullarında kontrollü bir ortamda, yüksek sayıda, genetik olarak homojen, hastalık ve zararlılardan ari materyal elde edilebilmektedir. Sürgün ucu, meristem kültürü, organogenez ve somatik embriyogenez gibi *in vitro* yaklaşımlar, çok sayıda soğanlı türde başarıyla uygulanmıştır (Patil ve ark., 2021; Askari ve Visser, 2022; Eskimez, 2025). Buna ek olarak, *in vitro* teknikler, bitki ıslah programları ve biyoteknolojik uygulamaları destekleyerek, üretim sistemlerinde önemli bir işlev üstlenmektedir. Doku kültürüne dayalı yaklaşımlar; somaklonal varyasyonun ortaya çıkarılması, mutasyon ıslahının uygulanması ve genetik transformasyonun indüklenmesi gibi olanaklar sunarak, hastalık direncine ve çevresel stres faktörlerine karşı daha yüksek toleransa sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesine de olanak sağlamaktadır (Gosal ve ark., 2012; Manchanda ve ark., 2025). Küresel ölçekte sağlıklı ve kaliteli bitki materyali üretiminin sağlanması amacıyla, *in vitro* çoğaltım tekniklerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasının, çiçek soğanları üretim sistemlerinin geleceği açısından olumlu bir etkiye sahip olacağı düşünülmektedir.

2. DÜNYA SÜS BİTKİLERİ ÜRETİMİ VE DIŞ TİCARETİ

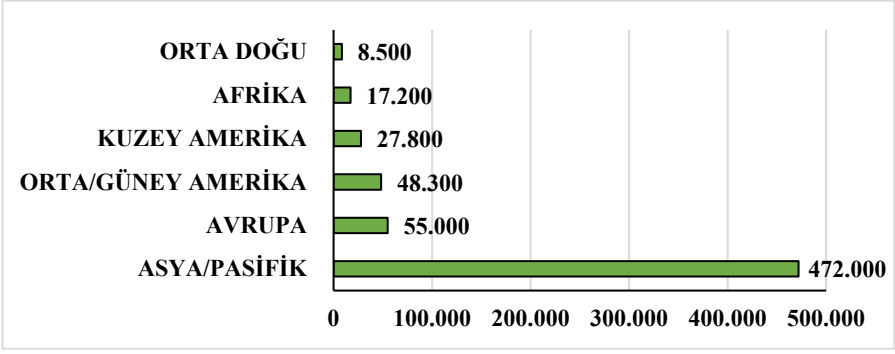
Dünya genelinde kesme çiçek ve saksılı süs bitkileri üretim alanlarının toplam büyüklüğü 628.800 hektardır (AIPH Statistical Yearbook, 2024). Süs bitkileri üretim alanlarının büyük bir bölümü Asya/Pasifik bölgesinde yer almaktadır. (Grafik 1)

Grafik 1. Dünya süs bitkileri üretim alanları (ha) (ITC Trade Map, 2024)



Bu bölgede en büyük üretici ülkeler Hindistan ve Çin'dir. Avrupa'da ise İtalya, Hollanda, Birleşik Krallık, Almanya ve İspanya önde gelen üretici ülkeler arasında yer almaktadır. Orta Amerika'da Meksika, Kolombiya ve Ekvador önemli üretici ülkeler olarak öne çıkarken, Güney Amerika'da Brezilya başlıca üretici konumundadır (SÜSBİR, 2025) (Grafik 2).

Grafik 2. Dünya kesme çiçek ve saksılı bitkiler üretim alanları (AIPH Statistical Yearbook, 2024)



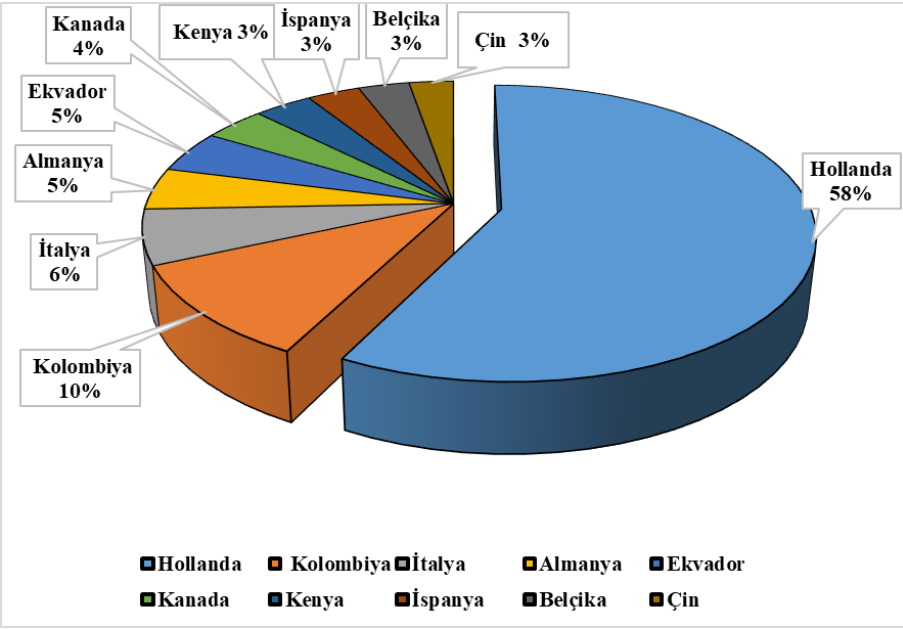
Bu ülkeler, elverişli iklim koşulları ile düşük arazi ve işgücü maliyetleri gibi üretim avantajlarına sahiptir. Latin Amerika ülkeleri, uygun iklim koşulları ve yabancı yatırımlar sayesinde hem Amerika hem de Avrupa pazarları için önemli tedarikçiler hâline gelmiştir. Afrika'da ise ekvator kuşağında yer alan

Kenya, Tanzanya, Etiyopya, Uganda ve Zambiya gibi ülkeler, sahip oldukları elverişli iklim koşulları nedeniyle önemli üretici ülkeler arasında bulunmaktadır. Afrika ülkelerinin tarıma dayalı ekonomik yapıları, uygun iklim koşulları ve ucuz işgücü olanaklarıyla birleşerek süs bitkileri üretiminin gelişmesine katkı sağlamıştır (Emergen Research, 2025; SÜSBİR, 2025)

Üretim alanları genellikle profesyonel şirketler tarafından işletilmekte olup, yabancı yatırımcılara ait büyük ölçekli fidanlıklardan oluşmaktadır. Hindistan, Çin, Japonya, Meksika, Brezilya ve Tayland gibi başlıca üretici ülkeler ağırlıklı olarak kendi iç pazarlarına yönelik üretim gerçekleştirmektedir. Buna karşılık, Kolombiya, Ekvador, Etiyopya ve Kenya gibi Latin Amerika ve Afrika'daki yeni üretici ülkeler, sahip oldukları iklim avantajları ve düşük işgücü maliyetleri sayesinde üretimlerini hızla artırmış ve son yıllarda dünyanın en önemli süs bitkileri üreticileri arasında yer almıştır.

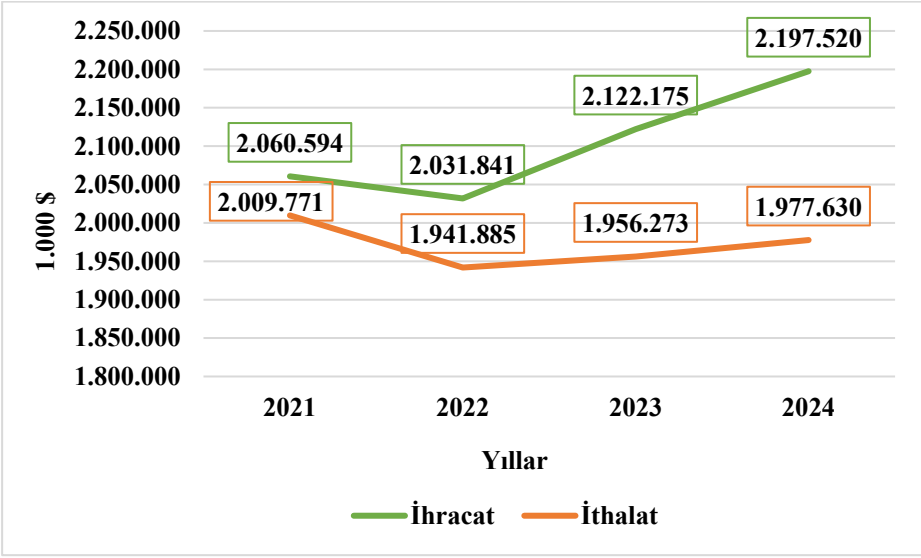
İhracatçı ülkeler açısından, Hollanda dünya çapında lider ihracatçı konumundadır ve onu Kolombiya, İtalya, Almanya ve Ekvador izlemektedir. Türkiye, süs bitkilerinin küresel ihracatçıları arasında 19. sırada yer almaktadır, bu da uluslararası pazarda ılımlı ancak gelişmekte olan bir role işaret etmektedir (SÜSBİR, 2025) (Grafik 3).

Grafik 3. Dünya süs bitkileri ihracatçı ülkeler (%)



Küresel çiçek soğanı ihracatı, 2021'de 2.060.594 bin ABD doları'ndan 2022'de 2.031.841 bin ABD doları'na hafif bir düşüş göstermiş, ardından güçlü bir artış eğilimi sergilemiştir (Grafik 4). İhracat, 2023 yılında 2.122.175 bin ABD dolarına yükselmiş ve 2024 yılında 2.197.520 bin ABD dolarına ulaşarak bu dönemde kaydedilen en yüksek değeri temsil etmiştir. 2022'den sonra devam eden bu büyüme, küresel talebin artmasını ve çiçek soğanı üretiminde rekabet gücünün artmasını yansıtmaktadır. Buna karşılık, ithalat 2021 yılında 2.009.771 bin ABD dolarından 2022 yılında 1.941.885 bin ABD dolarına düşmüş, ardından sonraki yıllarda kademeli bir toparlanma göstermiştir. İthalat değerleri 2023 yılında 1.956.273 bin ABD dolarına ve 2024 yılında 1.977.630 bin ABD dolarına yükselmiş, ancak dönem boyunca ihracat seviyelerinin altında kalmıştır (AIPH, 2024; SÜSBİR, 2025).

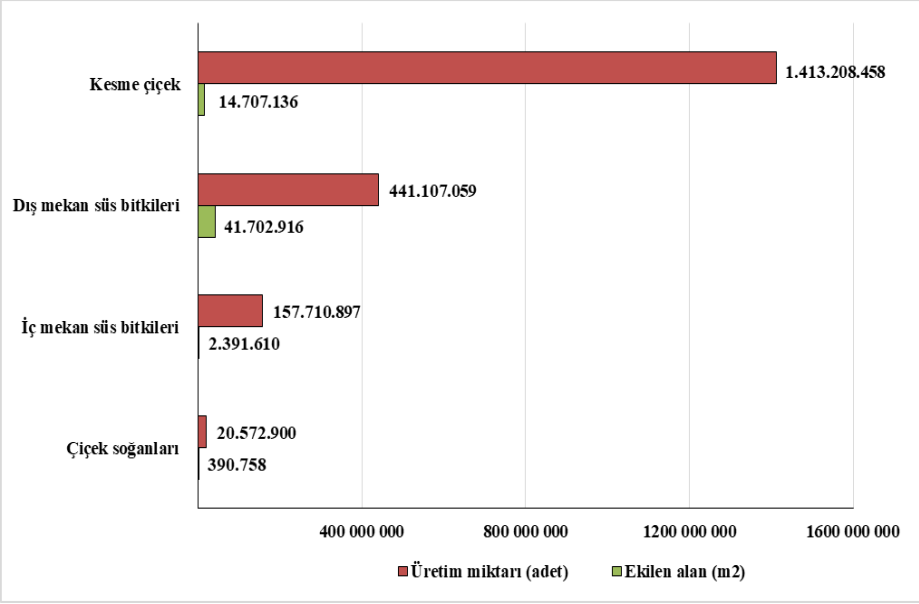
Grafik 4. Dünya çiçek soğanı dış ticareti (1.000 $)



2.1. Türkiye'de Süs Bitkileri Üretiminin Mevcut Durumu

Türkiye'de süs bitkilerinin ürün gruplarına göre dağılımı Grafik 5'de verilmiştir. Kesme çiçekler, yaklaşık 14,7 milyon m² ekim alanı ile üretilmesine rağmen 1,41 milyar adet ile en yüksek üretim hacmine sahiptir. Dış mekân süs bitkileri, 441 milyon adetlik üretim miktarıyla ikinci sırada yer almakta olup, 41,7 milyon m² ile en geniş ekili alana sahiptir. Çiçek soğanları ise 20,6 milyon adet üretim ve yaklaşık 0,39 milyon m² ekim alanı ile sektör içinde en düşük payı oluşturmaktadır (TÜİK, 2024).

Grafik 5. Süs bitkilerinin ürün gruplara göre durumu (TÜİK, 2024)



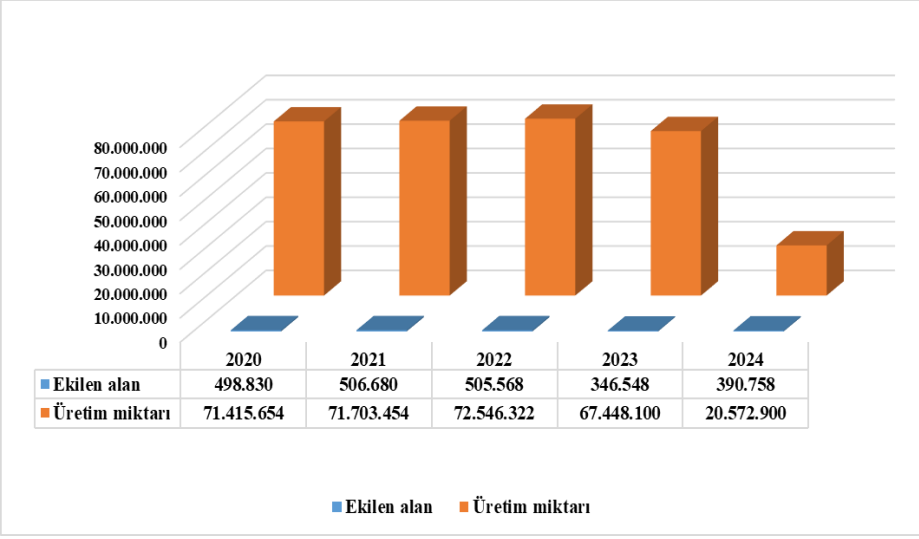
2.1.1. Türkiye'de Çiçek Soğanı Üretimi

Türkiye, Avrupa, Asya ve Akdeniz bölgesinin kesiştiği benzersiz coğrafi konumu nedeniyle botanik çeşitlilik açısından önemli bir konuma sahiptir. Bu zengin flora içinde, soğanlı süs bitkileri hem ekolojik hem de ekonomik açıdan özellikle önemli bir grubu temsil etmektedir (Kızıl ve ark., 2015).

Türkiye'de çiçek soğanı üretiminin yıllar içindeki seyri incelendiğinde, hem ekili alan (m^2) hem de üretim miktarı (adet) açısından özellikle son yıllarda belirgin bir gerileme olduğu görülmektedir (TÜİK, 2024) (Grafik 6). Ekili alanlardaki daralma, üreticilerin çiçek soğanı yetiştiriciliğinden uzaklaşmasına ya da alternatif ürünlere yönelmesine bağlı olabileceği gibi, girdi maliyetlerindeki artışlar ve pazarlama olanaklarındaki sınırlılıklarla da ilişkili olabilir (Kadakoğlu ve ark., 2018). Bununla birlikte, kesme çiçek sektöründe kullanılan soğanların Hollanda başta olmak üzere önde gelen üretici ülkelerden ithal edilmesi, yerli çiçek soğanı üretimine olan talebi azaltarak üretim

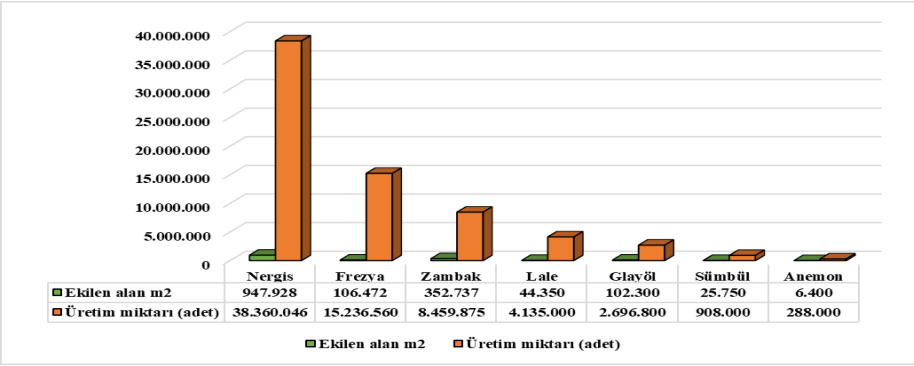
alanlarının daralmasında etkili olan önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır (SÜSBİR, 2025; Eskimez ve ark., 2025).

Ayrıca, bazı türlerde yavru çiçek soğanlarının ekonomik olarak çiçeklenme aşamasına ulaşabilmesi için yaklaşık üç yıllık bir yetiştirme sürecine ihtiyaç duyulması, üreticiler açısından yatırımın geri dönüş süresini uzatmakta ve üretimden kaçınmayı teşvik edebilmektedir (Flaishman ve Kamenetsky, 2006; Wang vd., 2009). Bu durum, çiçek soğanı üretiminin sınırlı kalmasında etkili olan yapısal sorunlardan biri olarak değerlendirilmektedir.



Grafik 6. Türkiye'de çiçek soğanlarının yıllara göre ekim alanları (m^2) ve üretim miktarları (adet) (TÜİK, 2024)

Türkiye'de çiçek soğanlarının türlere göre durumu incelendiğinde, en fazla üretim miktarı (adet), sırasıyla nergis (38.360.046), frezya (15.236.560), zambak (8.459.875) ve lale (4.135.000) türleri üzerinde yoğunlaşmaktadır (TÜİK, 2024)(Grafik 7)



	Nergis	Frezya	Zambak	Lale	Glayöl	Sümbül	Anemon
Ekilen alan m2	947.928	106.472	352.737	44.350	102.300	25.750	6.400
Üretim miktarı (adet)	38.360.046	15.236.560	8.459.875	4.135.000	2.696.800	908.000	288.000

Grafik 7. Türkiye'de türlere göre çiçek soğanlarının yıllara göre ekim alanları (m^2) ve üretim miktarları (adet) (TÜİK, 2024)

Türkiye, güçlü ekolojik koşullara ve zengin genetik çeşitliliğe sahip olmasına karşın, çiçek soğanı üretiminde küresel ölçekte önde gelen ülkelerle kıyaslandığında sınırlı bir performans sergilemektedir. Üretim faaliyetleri büyük ölçüde iklim ve toprak özellikleri bakımından uygun olan belirli bölgelerde yoğunlaşmaktadır (Eskimez ve ark., 2025). Bununla birlikte sektör; yerli türlerin kullanımına yönelik mevzuat sınırlamaları, materyale erişimde yaşanan güçlükler ve araştırma-geliştirme faaliyetlerinin yetersizliği gibi yapısal sorunlar bulunmaktadır (Haspolat ve ark., 2016). Bu kısıtların aşılabilmesi için sürdürülebilir üretim yaklaşımlarını destekleyen, araştırma-sanayi iş birliğini güçlendiren ve modern üretim teknolojilerine yatırımı teşvik eden bütüncül politikaların hayata geçirilmesi önem taşımaktadır. Bu tür politikalar, sektörün uluslararası pazarlardaki rekabet gücünün artırılmasına da katkı sağlayacaktır (Karlı ve ark., 2022).

3. BAZI ÇİÇEK SOĞANLARI ÜZERİNE YAPILMIŞ *in vitro* ÇALIŞMALAR

Zambak (*Lilium* spp.)

Lilium candidum soğan pullarının *in vitro* kültürde başarı oranını artırmaya yönelik olarak yürütülen bu çalışmada, farklı sterilizasyon

uygulamalarının kültür başarısı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada besin ortamı olarak, 0.1 $mg{\cdot}l^{-1}$ α-naftalen asetik asit (NAA) ve 0.01 $mg{\cdot}l^{-1}$ benzil adenin (BA) ile desteklenmiş Murashige and Skoog (MS) ortamı kullanılmıştır. Sterilizasyon aşamasında Streptomisin (200, 300, 400 ve 600 $mg{\cdot}l^{-1}$), Penisilin (200 ve 400 $mg{\cdot}l^{-1}$), Benomyl (50, 75 ve 150 $mg{\cdot}l^{-1}$) ve Nystatin (100 $mg{\cdot}l^{-1}$) farklı konsantrasyon ve kombinasyonlarda uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, 50 $mg{\cdot}l^{-1}$ Benomyl + 50 $mg{\cdot}l^{-1}$ Nystatin ile 100 $mg{\cdot}l^{-1}$ Benomyl + 100 $mg{\cdot}l^{-1}$ Nystatin kombinasyonlarının, kontaminasyonun azaltılması ve kültür başarısının artırılması bakımından en etkili yöntem olduğu tespit edilmiştir (Altan, 2003).

Lilium longiflorum türünün *in vitro* koşullarda çoğaltılmasına yönelik bir araştırmada, temel besin ortamı olarak MS besin ortamı kullanılmıştır. Çalışmada büyüme düzenleyicilerden BA (0.5, 1, 1.5 $mg{\cdot}l^{-1}$), NAA ise (0.1-0.2 $mg{\cdot}l^{-1}$) konsantrasyonlarında uygulanmıştır. Araştırma sonuçları, en yüksek soğancık oluşumunun 1.0 $mg{\cdot}l^{-1}$ BA ve 0.1 $mg{\cdot}l^{-1}$ NAA içeren besin ortamlarında gerçekleştiğini ve ortalama 4.1 soğancık elde edildiğini göstermiştir (Sun ve ark., 2013).

Nesli tükenme tehlikesi altında bulunan Asya zambağı *Lilium mackliniae* Sealy'nin *in vitro* rejenerasyon yeteneğinin artırılmasına yönelik bir çalışmada, soğan pulları hem doğrudan hem de dolaylı olarak kültüre alınmıştır. Eksplantlar, sırasıyla akan musluk suyu altında 10 dk, %70 etanolde 1 dk ve %2 NaClO (%4 aktif klor) çözeltisinde 10 dk tutularak yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Kültürün başlangıç aşamasında, farklı konsantrasyonlarda (0.25–1.0 $mg{\cdot}l^{-1}$) 6-benzilaminopürin (BAP), kinetin (KIN) ve thidiazuron (TDZ) uygulanmıştır. Kallus oluşumunun teşviki amacıyla soğan pulları parçalanarak 2,4-D ve NAA içeren ortamlara aktarılmıştır. Alt kültür aşamasında ise 0.5, 1.0 ve 1.5 $mg{\cdot}l^{-1}$ BAP ile gibberellik asit (GA_3) ilaveli besin ortamları kullanılmıştır. En yüksek soğancık oluşumu, 0.5 $mg{\cdot}l^{-1}$ BAP ve 1.0

$mg{\cdot}l^{-1}$ GA_3 içeren ortamda ortalama 10.1 soğancık elde edilmesiyle belirlenmiştir (Sahoo et al., 2018).

Taha ve ark. (2018), yaptığı çalışmada, Asya melez zambak çeşidi *'Red Alert'*in *in vitro* çoğaltılmasını araştırmıştır. Bu çalışmada, farklı bitki büyüme düzenleyici konsantrasyonlarının *in vitro* etkileri değerlendirilmiştir. Eksplantların yüzey sterilizasyonu, 30 sn boyunca %70 etanol ile muamele edilerek gerçekleştirilmiş, ardından 7 dk boyunca %10 sodyum hipoklorit ve 10 dakika boyunca %0.1 $HgCl_2$ içine daldırılmıştır. Çalışmada en yüksek proliferasyon (eksplant başına 9,33 pul) 0.5 $mg{\cdot}l^{-1}$ Thidiazuron (TDZ) ile 2.0 $mg{\cdot}l^{-1}$ NAA içeren besin ortamından elde edilmiştir.

Youssef ve ark. (2019), soğan pullarını eksplant olarak kullanarak *Lilium orientalis* cv. 'Starfighter' üzerine bir çalışma yürütmüştür. Çalşmada hem doğrudan organogenez hem de kallus oluşumu yoluyla dolaylı rejenerasyon incelenmiştir. Araştırmada, TDZ, 2,4-diklorofenoksiasetik asit (2,4-D), 2iP ve pikloram dahil olmak üzere farklı bitki büyüme düzenleyicilerinin etkileri, çeşitli kültür ortamlarında değerlendirilmiştir. Çalışmada en yüksek verimlilik, 1.0 $mg{\cdot}l^{-1}$ BA ve 0.2 $mg{\cdot}l^{-1}$ NAA ile takviye edilmiş MS besiyerinde tespit edilmiştir. Ayrıca, alt kültür aşamasında 3–6 $mg{\cdot}l^{-1}$ konsantrasyonlarında paklobutrazol ilavesi, soğancıkların çoğalmasını önemli ölçüde arttırmıştır.

Deswiniyanti ve Lestari (2020), *Lilium longiflorum*'da farklı bitki büyüme düzenleyicilerinin ve soğan pullarının *in vitro* soğancık gelişimine etkisini incelemiştir. Orta, taban ve iç soğan pulları olmak üzere farklı eksplantlar kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre orta pullar için en iyi sonuçlar, 1.0 $mg{\cdot}l^{-1}$ NAA içeren ortamda, iç pul eksplantlarında ise, 0.5 $mg{\cdot}l^{-1}$ NAA ve BAP kombinasyonu içeren besin ortamından elde edilmiştir.

Askari ve Visser (2022), soğan pulları, yapraklar ve yaprak sapları dahil olmak üzere farklı eksplant kaynaklarının yanı sıra çeşitli boyutlardaki soğan pullarının (6 × 6 mm, 6 × 12 mm ve 6 × 18 mm) *in vitro* etkilerini

değerlendirmiştir. Eksplantlar, 2.0 mg·l^{-1} NAA ve 2.0 mg·l^{-1} BA ile takviye edilmiş MS besin ortamında kültüre alınmıştır. Çalışmada, büyük soğan pul segmentlerinin (6 × 18 mm, 6 mm bazal kısım) daha küçük eksplantlara (6 × 6 mm) kıyasla %26 daha fazla pul üreterek önemli ölçüde daha yüksek rejenerasyon verimliliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Eskimez (2025) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, *in vitro* koşullarda Oriental hibrit *Lilium spp.*'nin çoğaltılması ve köklenmesi incelenmiş; bunun yanı sıra organik gübreleme uygulamaları ile farklı katı yetiştirme ortamlarının lilyum bitkilerinde soğan gelişimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, çalışmada 24 farklı besin ortamı çeşitli konsantrasyonda NAA (0.5-1 mg·l^{-1}), BAP (0.1–0.5 mg·l^{-1}) ve TDZ (0.2–0.5 mg·l^{-1}) denenmiştir. Ayrıca, çalışmada farklı eksplantlar (soğan, pul ve yapraklı pul) karşılaştırılmıştır. Soğan olarak dikilen eksplantlarda, 1.0 mg·l^{-1} NAA + 1.0 mg·l^{-1} TDZ içeren besiyeri, yaprak (37 adet), soğan çapı (19.09 mm) ve pul (37 adet) açısından en yüksek bulunmuştur. Tek başına ekilen pullar için, 0.5 mg·l^{-1} NAA + 0.2 mg·l^{-1} TDZ içeren besin ortamı, bitki uzunluğu (40.83 mm), yaprak sayısı (11.67 adet), soğan çapı (12.75 mm) ve pul (14 adet) açısından yüksek sonuçlar göstermiştir. Yaprak parçası ile dikilen pullar içinse, 0.5 mg·l^{-1} NAA + 0.5 mg·l^{-1} TDZ içeren ortam, yaprak (12.33 adet) ve pul (13,33 adet) için en yüksek değerleri verirken 2,0 mg·l^{-1} NAA + 0.2 mg·l^{-1} TDZ içeren ortam ise soğan çapı (12.66 mm) için en iyi sonuçları göstermiştir. 1 mg·l^{-1} NAA + 1 mg·l^{-1} TDZ içeren ortamın çoğaltma, ½ MS + 1 mg·l^{-1} IBA içeren ortamın ise köklenme için etkili olduğu, adaptasyon denemelerinde ise torf+perlit içeren ortamda uygulanan solucan gübresinde etkili sonuçlar tespit edilmiştir (Eskimez, 2025).

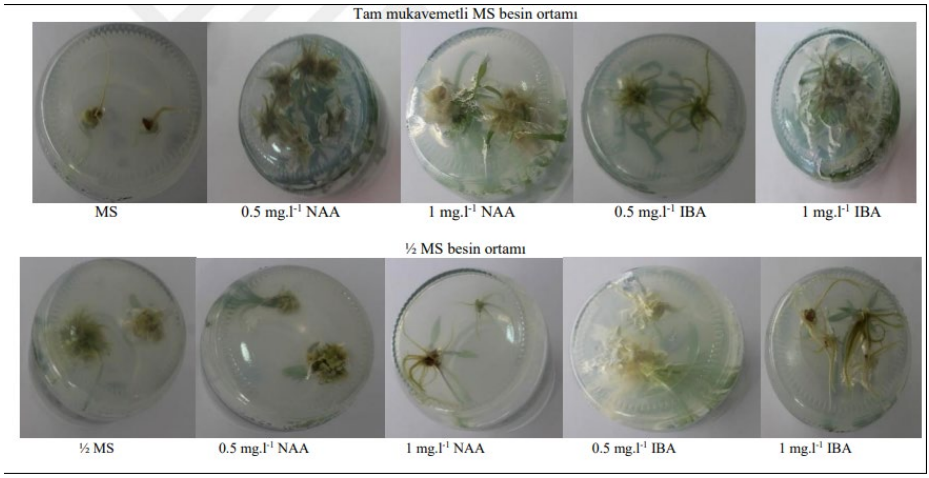
Lilium spp. üzerine yapılmış *in vitro* çalışmalar Çizelge 1'de verilmiştir

Çizelge 1. *Lilium* spp. üzerine yapılmış *in vitro* çalışmalar

Kaynak	Çalışma adı	Kullanılan eksplant	Besin ortamı içeriği ($mg.l^{-1}$)	Başarılı ortam
Altan (2003)	*Lilium candidum* L.'nin m-ikroçoğaltımı	Soğan pulu	MS 0.1 $mg.l^{-1}$ NAA+0.01 $mg.l^{-1}$ BA	
		Bu çalışma farklı sterilizasyon yöntemlerinin etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.	Streptomisin–Penisilin (200+200, 400+400 $mg.l^{-1}$), Streptomisin–Benomyl (300+75, 600+150 $mg.l^{-1}$) ve Benomyl–Nystatin (50+50, 100+100 $mg.l^{-1}$)	50 $mg.l^{-1}$ Benomyl+50 $mg.l^{-1}$ Nystatin, 100 $mg.l^{-1}$ Benomyl+100 $mg.l^{-1}$ Nystatin
Sun ve ark. (2013)	Plant micropropagation from *in vitro* cultured bulb scales of *Lilium lancifolium*	Soğan pulu	MS+BA (0.5-1-1.5 $mg.l^{-1}$)+NAA (0.1-0.2)	1.0 $mg.l^{-1}$ - BA+0.1 $mg.l^{-1}$ NAA
Sahoo ve ark. (2018).	An efficient protocol for *in vitro* regeneration and conservation of Shirui lily (*Lilium mackliniae* Sealy): a lab-toland approach to save the rare endangered Asiatic lily species	Soğan pulu (direkt ve indirekt olarak)	0.25, 0.5, 0.75, 1.0 mg L^{-1} (BAP, KIN, TDZ) (Başlangıç için) Kallus gelişimi için 2. aşamada pullar parçalanmış (2,4D, NAA) Alt kültür için 0.5, 1, 1.5 $mg.l^{-1}$ BAP-GA_3	0.5 $mg.l^{-1}$ BAP+1 $mg.l^{-1}$ GA_3
Taha ve ark. (2018)	*In vitro* culture and bulblets ınduction of Asiatic Hybrid Lily 'Red Alert	Soğan pulu	(0. 0.5, 1, 1.5, 2.0 $mg.l^{-1}$ BA, 2İP, TDZ)	0.5 $mg.l^{-1}$ TDZ+2 $mg.l^{-1}$ NAA
Youssef ve ark. (2019)	*In vitro* bulb formation of direct and indirect regeneration of *Lilium orientalis* cv. "Starfighter" plants	Soğan pulu	(TDZ, 2,4-D, 2IP ve Pikloram) 2IP (0.5 $mg.l^{-1}$) + Picloram (5 $mg.l^{-1}$) 1.0 $mg.l^{-1}$ BA 0.2 $mg.l^{-1}$ NAA 0.5 $mg.l^{-1}$	MS+1,0 $mg.l^{-1}$ BA+0,2 $mg.l^{-1}$ NAA 60 $g.l^{-1}$sakkaroz
Deswiniyanti ve Lestari (2020)	*In vitro* propagation of *Lilium longiflorum* bulbs using NAA and BAP plant growth regulator treatment	Soğan pulu (orta, bazal, iç pullar)	NAA (0.5-1 $mg.l^{-1}$) +BAP (0.5-1 $mg.l^{-1}$)	1 $mg.l^{-1}$ NAA+BAP (orta pullar)
Askari ve Visser (2022)	The role of scale explants in the growth of regenerating lily *bulblets in vitro*	Soğan pulu, yaprak ve yaprak sapı (soğan pulları farklı büyüklükte (6×6, 6×12, 6×18 mm) parçalara ayrılmış)	MS+2 $mg.l^{-1}$ NAA+2 $mg.l^{-1}$ BA	2 $mg.l^{-1}$ NAA+2 $mg.l^{-1}$ BA büyük ölçekli eksplantlar (6 × 18 mm)
Eskimez (2025)	Zambak (*Lilium* spp.)'ın soğan pulları ile çoğaltılması	Soğan pulu	MS+ NAA (0,5-1 mg.l1), BAP (0,1–0,5 mg.l-1) ve TDZ (0,2–0,5 mg.l-1)	1 mg.l-1 NAA + 1 mg.l-1 TDZ



Şekil 1. Oriental hybrid *Lilium* spp. nin *in vitro* çoğaltımı (Eskimez, 2025)



Şekil 2. Farklı besin ortamlarında eksplantların köklendirilmesi (Eskimez, 2025)



Şekil 3. Lilium bitkisinde dış koşullara adaptasyon aşaması (Eskimez, 2025)

NERGİS (*NARCİSSUS* SPP.)

Salim ve ark. (2014) tarafından yürütülen bir çalışmada, *Narcissus tazetta* L. için verimli bir *in vitro* çoğaltma protokolü geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, bazal kısım ve pul yaprak eksplantları, farklı konsantrasyonlarda BA ve NAA ile takviye edilmiş MS besin ortamında, aydınlık ve karanlık koşullarda kültüre alınmıştır. Aydınlık koşullarda sürgün sayısı ve sürgün uzunluğu önemli ölçüde artmıştır. En yüksek eksplant sayısı, bazal kısımda 7.0 mg·l^{-1} BA (15.8 sürgün) ve pul yaprak eksplantlarında 3.0 mg·l^{-1} BA (12.5 eksplant) ile elde edilirken, kallus oluşumu esas olarak karanlık koşullarda ve daha yüksek NAA konsantrasyonlarında indüklenmiştir. İkinci aşamada ise çoğalan eksplantlar, soğancık oluşumu için %3 veya %6 sukroz ve indol-3-butirik asit (IBA) içeren MS besin ortamına aktarılmıştır. En yüksek soğan sayısı (eksplant başına 3.2–3.4) %3 sukroz + 1.5 mg·l^{-1} IBA ve %6 sukroz + 1.0 mg·l^{-1} IBA içerikli ortamdan elde edilmiştir. Dış koşullara adaptasyonda ise %98'lik bir başarı elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışmada elde edilen soğancıklar (Salim ve ark., 2014)

Narcissus pallidulus ve *Narcissus* cv. Hawera'dan alınan *in vitro* kültürler, farklı konsantrasyonlarda BAP ve NAA ile takviye edilmiş MS besin ortamında kültüre alınmıştır. 6 mg·l^{-1} BAP ve 0.1 mg·l^{-1} NAA ile takviye edilmiş ortamda en yüksek çoğalma sayısı elde edilmiştir. 6 mg·l^{-1} BAP ve 2 mg·l^{-1} NAA içerikli ortamda kallus oluşumu artmıştır. Aynı zamanda çalışmada, *Narcissus* cv. Hawera'nın *Sceletium* tipi ve Amaryllidaceae

alkaloidlerini biyosentezlediğini, *Narcissus pallidulus*'un ise sadece *Sceletium* tipi bileşikleri biriktirdiğini ortaya konmuştur. Alkaloid karışımlarında baskın bileşik, güçlü antidepresan ve anksiyete giderici etkilere sahip olduğu bildirilmektedir (Berkov ve ark., 2021).

Sochacki ve Orlikowska (2004) tarafından yürütülen çalışmada, *'Carlton'* çeşidine ait soğanlara 44.4 °C'de 3 saat süreyle sıcak su uygulaması yapılmış, *'Heweliusz'* çeşidi için ise %1 imazalil (Fungaflor 200) içeren sıcak sulu çözelti kullanılmıştır. Her iki uygulamada da soğan segmentleri %0.1 cıva klorür ve %0.75 kloramin T ile yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Bu işlemler sonucunda başlangıçtaki kontaminasyon oranları sırasıyla %14 ve %17 düzeylerine düşürülmüştür.Rejenerasyon aşamasının 24 haftaya kadar uzatılması, rejenerasyonlu sürgün sayısında anlamlı bir artış sağlamış; ancak en yoğun rejenerasyon dönemi çeşide bağlı olarak farklılık göstermiştir. Soğanların dört eşit parçaya bölünmesi, çoğalma oranının artırılmasına katkı sağlamıştır. Elde edilen sürgün sayısının, uygulanan büyüme düzenleyicilerinin konsantrasyonuna bağlı olarak 9.2-13.1 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca, inkübasyon süresinin 20/25 °C'de sekiz haftadan dört haftaya düşürülmesi ve soğutma sıcaklığının 5 °C'den 8 °C'ye yükseltilmesiyle, soğan oluşum süresinin yaklaşık dört hafta kısaltıldığı tespit edilmiştir.

Narcissus tazetta'nın mikroçoğaltımında kontaminasyon, kültür ve çoğaltma aşamalarında değerlendirilmiştir. Külütre alma aşamasında uygulanan 40 °C'de 30 dk sıcak su işlemi, kontaminasyonu %50'den %15'in altına düşürmüş ve eksplantların tamamında sürgün oluşumunu sağlamıştır. Oksin taşınım inhibitörü TIBA, ikiz pul eksplantlarından sürgün oluşumunu anlamlı düzeyde artırırken ($p < 0,01$), fluridon sınırlı bir etki göstermiştir. Ekplantlar 0.5 µM IBA içeren ortamda köklendirilmiş ve bitkicikler %90 başarıyla iklimlendirilmiştir. Kallus kültüründe ise galantamin üretiminin, doku farklılaşmasıyla arttığı belirlenmiştir (Shahin ve ark., 2018).

Çizelge 2'de Nergis (*Narcissus* spp.) soğanlarında yapılmış *in vitro* çalışmalar verilm

Çizelge 2. Nergis (*Narcissus* spp.) soğanlarında yapılmış *in vitro* çalışmalar

Kaynak	Çalışma adı	Kullanılan eksplant	Besin ortamı içeriği ($mg \cdot l^{-1}$)	Başarılı ortam
Salim ve ark. (2014)	*In vitro* propagation of *Narcissus tazetta* L. bulbs	Bazal kısım ve pul yaprak	3.0 BA 7.0 $mg \cdot l^{-1}$ BA %3 sukroz + 1.5 $mg \cdot l^{-1}$ IBA veya %6 sukroz + 1.0 $mg \cdot l^{-1}$ IBA	Bazal kısım: 7.0 $mg \cdot l^{-1}$ BA (15.8 sürgün), Pul yaprak: 3.0 $mg \cdot l^{-1}$ BA (12.5 sürgün); Soğancık oluşumu: %3 sukroz + 1.5 $mg \cdot l^{-1}$ IBA veya %6 sukroz + 1.0 $mg \cdot l^{-1}$ IBA (3.2–3.4 soğan/eksplant)
Berkov ve ark. (2021)	*In vitro* propagation and biosynthesis of *Sceletium*-type alkaloids in *Narcissus pallidulus* and *Narcissus* cv. Hawera	Pul yaprak	6 $mg \cdot l^{-1}$ BAP + 0.1 $mg \cdot l^{-1}$ NAA 2 $mg \cdot l^{-1}$ NAA 1 $mg \cdot l^{-1}$ BAP + 0.1 $mg \cdot l^{-1}$ NAA	6 $mg \cdot l^{-1}$ BAP + 0.1 $mg \cdot l^{-1}$ NAA
Sochacki ve Orlikowska (2004)	Factors influencing micropropagation of *Narcissus*	Soğan	Sterilizasyon: %0.1 $HgCl_2$ + %0.75 Cloramin T; Sıcak su: 44.4°C / 3 saat	Kontaminasyon oranı başlangıçta %14–17 sterilizasyon sonrası düşürülmüştür. Sürgün sayısı 9.2–13.1 (adet)
Bu çalışma etkili sterilzasyon yönteminin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.				

Lale (*Tulipa* spp.)

Tulipa tarda Stapf için *in vitro* organogenez yoluyla adventif soğan üretimi protokolü geliştirilmiştir. Eksplant olarak soğan tablası ve çimlenen tohumlardan elde edilen kallus kullanılmış, bazı eksplantlar 12 hafta 5 °C'de soğutulmuştur. Kültür ortamı %3 veya %6 sukroz içermekte olup, ortamlara 0.5 µM BAP veya 18.9 – 94.6 µM ABA eklenmiştir. Kallus dokusu esas olarak büyüme düzenleyicisi içermeyen veya BAP içeren ortamlarda gelişmiş, soğuk uygulaması yapılmadan dikilen eksplantlarda %96 kallus ve %56–92 adventif soğan oluşumu gözlenirken, soğukta bekletilen eksplantlarda maksimum %36 adventif soğan oluşumu saptanmıştır. ABA uygulaması ise hem kallus hem de adventif soğan oluşumunu engellediği bildirilmektedir (Maślanka ve Bach, 2014).

Mao ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, T. c.v. "Apeldoorn" ve "Leen van der Mark" çeşitlerinde soğan çoğaltmak amacıyla en uygun ortam belirlenmiştir. "Apeldoorn" çeşidinde MS ortamına 2 $mg{\cdot}l^{-1}$ BA+ 2 $mg{\cdot}l^{-1}$ NAA+ 0.3 $mg{\cdot}l^{-1}$ IAA, "Leen van der Mark" çeşidinde ise 2 $mg{\cdot}l^{-1}$ BA+ 2 $mg{\cdot}l^{-1}$ NAA+ 0.1 $mg{\cdot}l^{-1}$ IAA kombinasyonları kullanılmıştır. Her iki çeşit için de aktif karbon ilavesi soğan oluşumunu olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir.

Podwyszyńska ve Marasek-Ciolakowska (2020) tarafından yapılan çalışmada, soğuk uygulanmış lale soğanlarından elde edilen çiçek sapları eksplant olarak kullanılarak somatik embriyogenez (SE) yoluyla etkili bir rejenerasyon protokolü geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, farklı oksinler (2,4-D, NAA, pikloram) ve sitokininler (TDZ 0.1–0.5 $mg{\cdot}l^{-1}$, BAP 0.1 $mg{\cdot}l^{-1}$) tek başına veya kombinasyon hâlinde uygulanarak kallus oluşumu, embriyojenik kallus hatlarının geliştirilmesi ve somatik embriyo oluşumunun optimizasyonu incelenmiştir. Çalışmada ayrıca prolin eklemesinin kallus proliferasyonu ve embriyo oluşum sıklığı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Histomorfolojik analizler sonucunda embriyoların dışsal

veya içsel kaynaklı gelişebildiği, embriyonik hücrelerin küçük hacimli, yoğun sitoplazmalı ve büyük çekirdeğe sahip olduğu, küresel embriyoların periderm tabakası ile kaplandığı ve gelişen embriyoların 10 mm'den uzun kotiledonlar ile procambial şerit ve yan meristem içerdiği belirlenmiştir. Bu çalışmayla hem yüksek kaliteli embriyoların elde edilmesi hem de SE sürecinin biyolojik temellerinin anlaşılması hedeflenmiştir.

Lale (*Tulipa* spp.)'de yapılmış *in vitro* çalışmalar Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Lale (*Tulipa* spp.) yapılmış *in vitro* çalışmalar

Kaynak	Çalışma adı	Kullanılan eksplant	Besin ortamı içeriği (mg·l^{-1})	Başarılı ortam
Mao ve ark. (2012)	Study on rapid micropropagation of tulip via in tissue culture	Soğan	MS+2 mg·l^{-1} BA + 2 mg·l^{-1} NAA + 0.3 mg·l^{-1} IAA (Apeldoorn) MS+2 mg·l^{-1} BA + 2 mg·l^{-1} NAA + 0.1 mg·l^{-1} IAA (leen van der Mark)	MS+2 mg·l^{-1} BA + 2 mg·l^{-1} NAA + 0.3 mg·l^{-1} IAA (Apeldoorn)+Aktif karbon MS+2 mg·l^{-1} BA + 2 mg·l^{-1} NAA + 0.1 mg·l^{-1} IAA (leen van der Mark) +Aktif karbon
Maślanka ve Bach (2014)	Induction of bulb organogenesis in *in vitro* cultures of tarda tulip (*Tulipa tarda* Stapf.) from seed-derived explants	Soğan tablası ve tohum	%3 veya %6 sukroz, büyüme düzenleyici eklenmemiş, 0,5 µM BAP veya 18,9–94,6 µM ABA	%3 sukroz + 0,5 µM BAP ile %96 kallus, %56–92 adventif soğan
Podwyszyńska ve Marasek-Ciolakowska (2020)	Micropropagation of Tulip via Somatic Embryogenesis	Çiçek sapı	Farklı oksinler (2,4-D, NAA, pikloram) ve sitokininler (TDZ 0,1–0,5 mg L^{-1}, BAP 0,1 mg L^{-1}) tek başına veya kombinasyon hâlinde	2,4-D 0.01 mg·l^{-1}+ BAP 0.1 mg·l^{-1} veya TDZ 0.1 mg·l^{-1}ile 100 mg·l^{-1}prolin içeren karanlık ortamdır.

Glayöl (*Gladiolus* spp.)

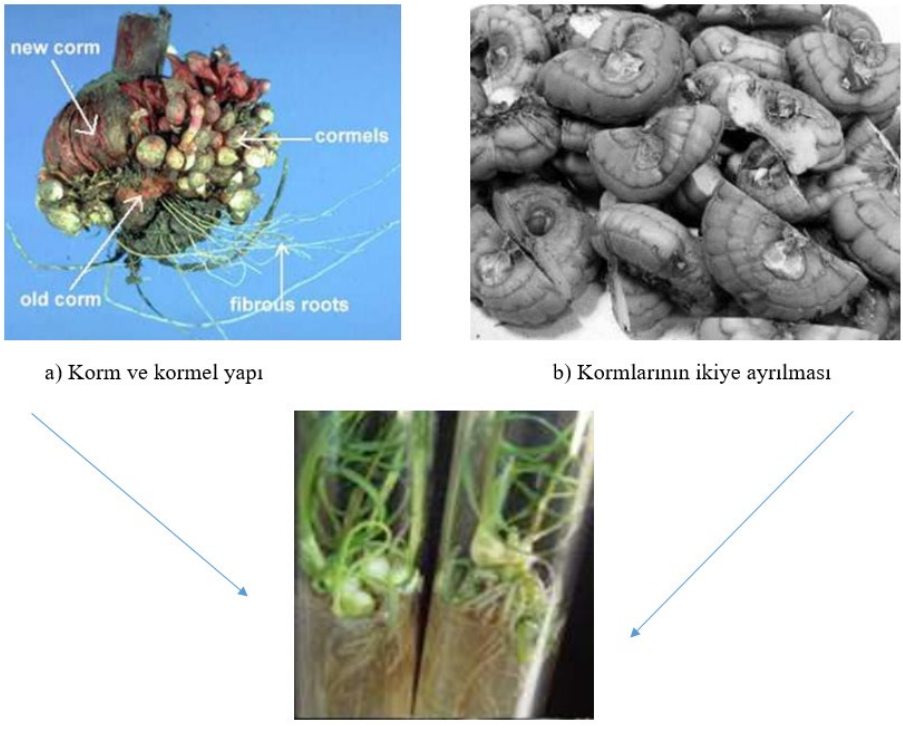
Memon ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada, *Gladiolus* cv. "White Friendship" için *in vitro* mikroçoğaltımda farklı eksplant tipleri ve kormel gelişim evreleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek sürgün sayısı (22,07 adet/eksplant) MS + 4 mg/L BAP ortamında elde edilmiştir. Ayrıca, farklı kormel evreleri ve boyutları arasında, nodal segmentlerde heading evresi, orta boy cormel ve cormel sürgünleri ile kormelerin üst dilimi, *in vitro* çoğaltım için en uygun materyal olarak tespit edilmiştir.

Kumar ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada, *Gladiolus hybrida L.* 'White Prosperity' çeşidinin *in vitro* rejenerasyon yoluyla verimli ve genetik olarak stabil bir şekilde çoğaltılması amaçlanmıştır. Çalışmada, tomurcuk eksplantı kullanılmış ve farklı konsantrasyon ve kombinasyonlarda bitki büyüme düzenleyicilerinin eksplantların rejenerasyon yeteneği üzerindeki etkisi incelenmiştir. 1BAP takviyesi ile B5 ve MS besiyerlerinde sürgün oluşumu sağlanmış; sürgün sayısı B5 besiyerinde 1.0 $mg \cdot l^{-1}$ BAP uygulaması ile eksplant başına 1.3–3 besiyerinde ise 0.6–2.3 arasında değişmiştir. Otuz günlük inkübasyonun ardından, çoğalan sürgünlerin uzunluğu B5 besiyerinde 2.2–3.8 cm, MS besiyerinde ise 1.1–2.9 cm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Rastgele Amplifiye Polimorfik DNA (RAPD) belirteçleri ile gerçekleştirilen analizler, *in vitro* rejenerasyon sürecinde elde edilen bitkilerin ana bitkiye göre genetik olarak stabil olduğunu göstermiştir.

Naik ve ark. (2025) tarafından yapılan çalışmada, *Gladiolus hybridus Hort.* cv. 'Red Majesty' için korm oluşumu amacıyla *in vitro* çoğaltma protokolünün standartlaştırılması hedeflenmiştir. Çalışmada, kültüre alma aşamasından korm gelişimine kadar parametreler değerlendirilmiş ve ticari mikroçoğaltım için 3 aşamalı bir protokol geliştirilmiştir. Korm görünümü, en kısa sürede (45 gün) MS + B5 vitaminleri + CCC (1 $mg \cdot l^{-1}$) + %9 sakkaroz ortamında elde edilmiştir. Eksplant başına en yüksek ortalama korm sayısı (14

adet), MS + B5 + IBA (0.5 mg·l^{-1}) + CCC (2 mg·l^{-1}) + %3 sakkaroz ortamında sağlanmıştır. Maksimum korm gelişim oranı (%85) MS + B5 + CCC (1 mg·l^{-1}) + %9 sakkaroz ortamında gözlenmiştir. Genel olarak en iyi kombinasyon, MS + B5 + IBA (0.5 mg·l^{-1}) + CCC (2 mg·l^{-1}) + %6 sakkaroz ortamında sağlanmış olup, eksplant başına ortalama 12 korm ve %85 korm gelişimi elde edilmiştir. 150 gün sonunda tek bir korm diliminden 12–14 korm elde edilmiş ve her korm yaklaşık 22 mm boyutunda olmuştur.

Çizelge 4. Glayöl (*Gladiolus* spp.) yapılmış *in vitro* çalışmalar verilmiştir.



Şekil 5. Glayölün korm yapısı (Memon ve ark., 2009; Anonim, 2010; Memon ve ark., 2013)

Çizelge 4. Glayöl (*Gladiolus* spp.)'de yapılmış *in vitro* çalışmalar

Kaynak	Çalışma adı	Kullanılan eksplant	Besin ortamı içeriği ($mg.l^{-1}$)	Başarılı ortam
Memon ve ark. (2013)	Comparison of various explants on the basis of efficient shoot regeneration in gladiolus	Korm	MS + 4 mg/L BAP	MS + 4 mg/L BAP (Kormel sürgünü eksplant olarak kullanıldığında 11.6 sürgün)
Kumar ve ark. (2018)	*In vitro* regeneration of gladiolus (*Gladiolus hybrida* L.): Optimization of growth media and assessment of genetic fidelity	Tomurcuk eksplantı	MS+1.0 $mg.l^{-1}$ BAP B5+1.0 $mg.l^{-1}$ BAP	B5+1.0 $mg.l^{-1}$ BAP
Naik ve ark. (2025)	A high-efficiency 3-Step *in vitro* protocol for commercial cormel micropropagation of Gladiolus hybridus Hort. cv 'Red Majesty'	Korm	MS + B5 + IBA (0,5) + CCC (2) + Sakkaroz %6 MS + B5 + CCC (1) + Sakkaroz %9 MS + B5 + IBA (0,5) + CCC (2) + Sakkaroz %3	MS + B5 + IBA (0,5 mg/L) + CCC (2 mg/L) + %6 sakkaroz

SONUÇ VE ÖNERİLER

Süs bitkileri, estetik ve ekonomik değeri yüksek olmaları nedeniyle küresel ticarette önemli bir konuma sahiptir. Bu bağlamda, birçok türde kaliteli ve standart üretimi sağlamak amacıyla *in vitro* üretim yöntemleri giderek daha fazla kullanılmaktadır. Çiçek soğanlarında ise, ticari değeri yüksek türlerin homojen ve sağlıklı bir şekilde çoğaltılabilmesi açısından *in vitro* üretim teknikleri kritik bir rol oynamaktadır. Yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, mikroçoğaltım tekniklerinin hem üretimde verimliliği artırmada hem de genetik olarak homojen ve sağlıklı materyal elde etmede önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.

İn vitro çoğaltım sürecinde sterilizasyon yöntemi ve kontaminasyon oranı, başarının belirlenmesinde temel unsurlar arasında yer almaktadır. Yüzey sterilizasyon teknikleri ve sıcak su uygulamaları, kontaminasyonu önemli ölçüde azaltarak sağlıklı eksplantların kullanımını mümkün kılmaktadır. Ayrıca, besin ortamı ve bitki büyüme düzenleyicileri, *in vitro* çoğaltım başarısını doğrudan etkileyen başlıca unsurlar arasında yer almaktadır. MS ve B5 ortamlarının uygun oksin ve sitokinin kombinasyonlarıyla kullanılması, sürgün, soğancık ve kormel sayısında önemli düzeyde artışa yol açmaktadır. Özellikle *Lilium* spp. ve *Tulipa* spp. Türlerinde ise, BAP, TDZ ve NAA içerikli ortamlarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çerçevede, çiçek soğanı üretiminde verim ve kaliteyi artırmak için en uygun eksplant tipi ve gelişim evresinin belirlenmesi, besin ortamlarının optimizasyonu, sterilizasyon protokollerinin standartlaştırılması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, *in vitro* çoğaltım tekniklerinin biyoteknolojik uygulamalara, genetik ıslah ve mutasyon çalışmalarına entegre edilmesi; yeni çeşitlerin geliştirilmesi ve elde edilen protokollerin ticari üretim sistemlerine uygulanması, hızlı ve genetik olarak homojen bitki materyali temininde kritik bir rol oynamaktadır.

KAYNAKÇA,

Altan, F. (2003). Lilium candidum L.'nin Mikroçoğaltımı. (Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Anonim, 2010. https://montananaturalist.blogspot.com/2010/04/yellowbells-fritillaria-pudica.html (Erişim tarihi: 20.10.2025)

Askari, N., & Visser, R. G. (2022). The role of scale explants in the growth of regenerating lily bulblets *in vitro*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 149(3), 589-598.

Benschop, M., Kamenetsky, R., Le Nard, M., Okubo, H., & De Hertogh, A. (2010). The global flower bulb industry: Production, utilization and research. Horticultural Reviews, 36, 1–115. https://doi.org/10.1002/9780470527238.ch1

Berkov, S., Georgieva, L., Sidjimova, B., Nikolova, M., Stanilova, M., & Bastida, J. (2021). *In vitro* propagation and biosynthesis of Sceletium-type alkaloids in Narcissus pallidulus andNarcissus cv. Hawera. *South African Journal of Botany*, *136*, 190-194.

Deswiniyanti, N. W., & Lestari, N. K. D. (2020). *In vitro* propagation of Lilium longiflorum bulbs using NAA and BAP plant growth regulator treatment. In The 2019 International Conference on Biotechnology and Life Sciences, KnE Life Sciences. (pp. 32-45)

Dole, J. M., & Wilkins, H. F. (1999). Floriculture: Principles and species (pp. ix+-613).

Emergen Research. (2025). *Flower & Ornamental Plants Market Perspectives* (Global analysis of production and trade). Retrieved from https://www.emergenresearch.com/industry-report/flower-ornamental-plants-market

Eskimez, İ. (2025). *Zambak (Lilium spp.)'ın soğan pulları ile çoğaltılması* (Doktora tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü

Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı). Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi.

Eskimez, İ., Uzun, H., Karlı, B., Gül, M., & Polat, M. (2025). Dünya ve Türkiye'nin Çiçek Soğanları Üretim Potansiyeli ve Dış Ticareti. *Bahçe*, *54*(Özel Sayı 1), 567-574.

Flaishman, M. A., & Kamenetsky, R. (2006). Florogenesis in flower bulbs: classical and molecular approaches. Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology, 1, 33-43.

Gosal, S. S., & Kang, M. S. (2012). Plant tissue culture and genetic transformation for crop improvement. *Improving crop resistance to abiotic stress*, 357-397.

Haspolat, G., Şenel, Ü., Gökkür, S., & Kesici, A. (2016). Türkiye süs bitkileri genetik kaynakları. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *26*(2), 51-64.

He, G., Yang, P., Cao, Y., Tang, Y., Wang, L., Song, M., & Ming, J. (2021). Cytokinin Type-B response regulators promote bulbil initiation in Lilium lancifolium. International Journal of Molecular Sciences, 22(7), 3320.

International Association of Horticultural Producers (AIPH) (2024). *International statistics: Flowers and plants 2024* (Vol. 72) [Statistical Yearbook]. Centre for Business Management in Horticulture and Applied Research, University of Hohenheim. https://www.aiph.org/statistical-yearbook/

Kadakoğlu, B., Karlı, B., & Gül, M. (2018). *Cut flower production and evaluation of export potential in Turkey*. In Proceedings of the 5th International Multidisciplinary Congress of Eurasia (pp. xx–xx). Barcelona, Spain. ISBN 978-605-68882-0-5.

Karagüzel, Ö., Aydınşakir, K., & Kaya, A. (2007). Dünyada ve Türkiye'de Çiçek Soğanlari Sektörünün Durumu. Derim, 24(1), 1-10.

Karli, B., Songur, M., Sinek, B., & Kadakoğlu, B. (2022). Economic analysis of cut flower production (Carnation, Gerbera and Lisianthus) in Turkey: the case of Antalya province.

Kızıl, S., Khawar, K. M., & Arslan, N. (2015). *Introduction of economically important bulbous plants collected from wild flora in semi arid climatic conditions of Southeastern Anatolian region of Turkey*. Acta Horticulturae, 1077, 143–153.

Kumar, A., Kumar, A., Sharma, V., Mishra, A., Singh, S., & Kumar, P. (2018). *In vitro* regeneration of gladiolus (Gladiolus hybrida L.): Optimization of growth media and assessment of genetic fidelity. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, *7*, 2900-2909.

Kumar, M., Sirohi, U., Malik, S., Kumar, S., Ahirwar, G. K., Chaudhary, V., & Prakash, S. (2022). Methods and factors influencing *in vitro* propagation efficiency of ornamental tuberose (Polianthes species): A systematic review of recent developments and future prospects. Horticulturae, 8(11), 998.

Manchanda, P., Sharma, D., Kaur, G., Kaur, H., & Vanshika. (2025). Exploring the significance of somaclonal variations in horticultural crops. *Molecular Biotechnology*, *67*(6), 2185-2203.

Manchanda, P., Sharma, D., Kaur, G., Kaur, H., & Vanshika. (2025). Exploring the significance of somaclonal variations in horticultural crops. Molecular Biotechnology, 67(6), 2185-2203.

Mao H., Wang Y., Liu D., Zhang M., (2012). Study on rapid micropropagation of tulip via in tissue culture. Northern Horticulture, 2012-14.

Maślanka, M., & Bach, A. (2014). Induction of bulb organogenesis in *in vitro* cultures of tarda tulip (Tulipa tarda Stapf.) from seed-derived explants. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, *50*(6), 712-721.

Mehbub, H., Akter, A., Akter, M. A., Mandal, M. S. H., Hoque, M. A., Tuleja, M., & Mehraj, H. (2022). Tissue culture in ornamentals: Cultivation factors, propagation techniques, and its application. Plants, 11(23), 3208.

Memon N, Qasim M, Jaskani MJ, Ahmad R, Ahmad I (2009). Enhancement of corm and cormel production in gladiolus (Gladiolus spp.). New Zealand J. Crop Hortic. Sci. 37:319-325.

Memon N., Qasim, M., Jaskani, M. J., Khooharo, A. A., Hussain, Z., & Ahmad, I. (2013). Comparison of various explants on the basis of efficient shoot regeneration in gladiolus. *International Journal of Agriculture and Biology, 15*(6), 1181–1186.

Naik, M., Nazki, I. T., & Husaini, A. M. (2025). A high-efficiency 3-Step *in vitro* protocol for commercial cormel micropropagation of Gladiolus hybridus Hort. cv 'Red Majesty'. *Vegetos*, *38*(1), 157-168.

Patil, A. M., Gunjal, P. P., & Das, S. (2021). *In vitro* micropropagation of Lilium candidum bulb by application of multiple hormone concentrations using plant tissue culture technique. International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology, 8(2), 244-253.

Podwyszyńska, M., & Marasek-Ciolakowska, A. (2020). Micropropagation of tulip via somatic embryogenesis. *Agronomy*, *10*(12), 1857.

Sahoo, M. R., Devi, M. P., Dasgupta, M., Prakash, N., & Ngachan, S. V. (2018). An efficient protocol for *in vitro* regeneration and conservation of Shirui lily (Lilium mackliniae Sealy): a lab-to-land approach to save the rare endangered Asiatic lily species. *In Vitro* Cellular & Developmental Biology-Plant, 54(6), 701-710.

Salim, S. A. R., Abood, K. H., & Razzooqee, M. A. (2014). *In vitro* propagation of Narcissus tazetta L. bulbs. *Journal of Biotechnology Research Center*, *8*(3), 67-75.

Shahin, H., de Klerk, G. J., & El-Hela, A. A. (2018). Effect of growth regulators on multiplication and alkaloid production of Narcissus Tazetta var. italicus in tissue culture. *Propagation of ornamental plants*, *18*(4), 124-130.

Sochacki, D., & Orlikowska, T. (2004, April). Factors influencing micropropagation of Narcissus. In *IX International Symposium on Flower Bulbs 673* (pp. 669-673).

Sun, L., Zhou, Z., & Cheng, K. (2013). Plant micropropagation from *in vitro* cultured bulb scales of *Lilium lancifolium*. *Life Sci. J, 10*, 2689-2692.

Süs Bitkileri Üreticileri Alt Birliği (SÜSBİR) (2025). *Süs bitkileri sektör raporu 2025* [PDF]. Retrieved from https://susbir.org.tr/belgeler/raporlar/susbir-sektor-raporu-2025.pdf

Taha, L. S., Sayed, S. S., Farahat, M. M., & El-Sayed, I. M. (2018). *In vitro* culture and bulblets induction of Asiatic hybrid lily 'Red Alert'. Journal of Biological Sciences, 18(2), 84-91.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). *Bitkisel üretim istatistikleri, 2024* [Bülten]. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2024-53447

Wang, J., Huang, L., Bao, M. Z., & Liu, G. F. (2009). Production of interspecific hybrids between Lilium longiflorum and L. lophophorum var. linearifolium via ovule culture at early stage. Euphytica, 167, 45-55.

Yasemin, S., & Beruto, M. (2024). A review on flower bulb micropropagation: Challenges and opportunities. Horticulturae, 10(3), 284.

Youssef, N. M., Shaaban, S. A., Ghareeb, Z. F., & Taha, L. S. (2019). *In vitro* bulb formation of direct and indirect regeneration of Lilium orientalis cv.“Starfighter” plants. Bulletin of the National Research Centre, 43, 1-9.

BÖLÜM 10

BİTKİ DOKU KÜLTÜRÜNDE BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİLERİ

Prof. Dr. Ferhad MURADOĞLU[15]

Arş. Gör. Şeyma BATUR [16*]

Arş. Gör. Hakkı Ekrem SOYDEMİR [3]

DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18117988

[15] Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye. muradogluf@ibu.edu.tr, orcid id: 0000-0001-6595-7100

[16*] Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye. seyma.batur@ibu.edu.tr, orcid id: 0009-0003-2214-710X

[3] Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye. ekremsoydemir@ibu.edu.tr, orcid id: 0000-0003-4951-2050

2. GİRİŞ

Bitki doku kültürü, bitki hücrelerinin, dokularının, organlarının veya tüm bitkinin, steril ve yapay bir besin ortamında, ışık ve sıcaklık gibi çevresel faktörlerin kontrol altında tutulduğu koşullarda büyümesini ve/veya çoğalmasını sağlayan ileri düzey bir tekniktir. Bu yöntem, bir bitki hücresinin bölünerek çoğalabilme ve yeniden tam bir bitkiye dönüşebilme potansiyeline sahip olduğunu ifade eden totipotensi kavramına dayanmaktadır (Naik ve ark., 2020; Guo ve ark., 2000). Bitki doku kültürü, geniş uygulama alanı ile temel ve uygulamalı araştırmalarda yaygın olarak kullanılmakta; özellikle de bitkilerin hızlı ve klonal çoğalmasını (mikroçoğaltım) mümkün kılarak genetik olarak tek tip ve hastalıksız bitkilerin seri üretimine olanak tanımaktadır. Bu özellik, bahçecilik ve tarımsal üretimde kritik öneme sahiptir (Cheng ve ark., 2025). Bitki doku kültürü metodolojisi; uygun eksplant materyalinin belirlenmesi, eksplantların hazırlanması ve yüzey sterilizasyonu, besin ortamının formülasyonu ve doku kültürü işlemlerinin yürütülmesi gibi bir dizi temel aşamayı içermektedir (Mahato ve ark., 2023). Bu adımların her birinde, özellikle ortam formülasyonlarında kullanılan bitki büyüme düzenleyicilerinin seçimi, kültüre alınan dokuların büyüme ve farklılaşma sürecini önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Armas ve ark., 2017).

BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİLERİNİN DOKU KÜLTÜRÜNDE ROLÜ

Bitki büyüme düzenleyicilerinin (BBD) kullanımı, çeşitli bitki türlerinde doku kültürü çalışmalarının başarısında önemli bir rol oynamaktadır. Bu düzenleyicilerin etkisi; hücre bölünmesi, sürgün ve kök oluşumu ile organogenez başta olmak üzere büyüme ve gelişme süreçlerinin düzenlenmesinde özellikle belirginleşmektedir. Oksinler, sitokininler, gibberellinler ve absisik asit gibi BBD'ler, *in vitro* koşullarda bitkilerin fizyolojik ve morfolojik süreçlerini düzenlemek için gereklidir (Kujeke ve

ark., 2020; AL-Alwani ve Mohammed, 2023; Ngomuo ve ark., 2013; Leto ve ark., 2025).

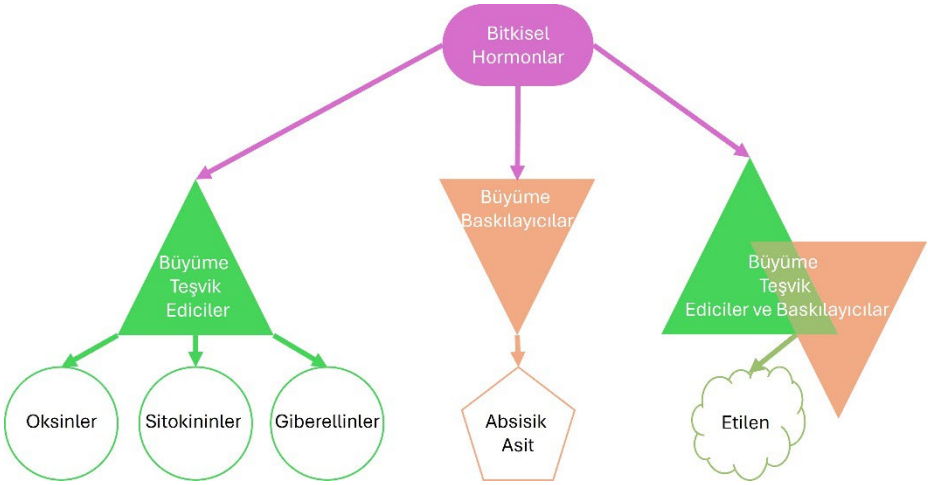
Doku kültüründe BBD'lerin temel rolü, farklı hormon türleri ve konsantrasyonları arasındaki dengenin ayarlanması yoluyla bitki büyümesini ve gelişimini yönlendirmeleridir. Özellikle kök oluşumunun uyarılmasında etkili olan oksinler ile tomurcuk gelişimi ve hücre bölünmesi için hayati öneme sahip sitokininler çoğunlukla birlikte kullanılır. Bu iki hormon sınıfının etkileşimi, doku kültürü protokollerinin etkinliğini büyük ölçüde belirler; çünkü belirli konsantrasyon kombinasyonları, eksplantın türüne ve bitkinin gelişim aşamasına bağlı olarak farklı düzeylerde sürgün ve kök indüksiyonuna yol açabilmektedir (Al-Alwani ve Mohammed, 2023; Ngomuo ve ark., 2013; Siringam ve Vanijajiva, 2023). Çeşitli çalışmalar, optimal sonuçlar elde edilebilmesi için hormonlar arasındaki oranların, kültürlenen bitki dokusunun genetik yapısı ve fizyolojik durumuna göre hassas biçimde ayarlanması gerektiğini ortaya koymuştur (Al-Alwani ve Mohammed, 2023; Ngomuo ve ark., 2013; Hesami ve ark., 2023). Kısacası doku kültürü tekniklerinin başarılı bir şekilde uygulanması, çeşitli BBD'lerin rollerinin anlaşılmasına bağlıdır.

GENEL OLARAK BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİLERİ

Bitki büyüme düzenleyicileri (BBD'ler), fitohormonlar olarak da adlandırılır ve bitkilerde büyüme, gelişme ile çevresel streslere karşı verilen fizyolojik yanıtların düzenlenmesinde kilit rol oynarlar. Bu gruba oksinler, sitokininler, gibberellinler, absisik asit (ABA), etilen, jasmonik asit (JA), Metil jasmomat (MeJA), Epibrassanoid (EBR) ve salisilik asit (SA) dahildir (Denancé ve ark., 2013; Han ve Kahmann, 2019; Müller, 2021, Muradoğlu ve ark., 2020; Muradoğlu ve ark., 2024). Bu hormonlar arasındaki karmaşık etkileşim, büyüme ile stres yanıtları arasındaki hassas dengenin korunması için gereklidir ve tohum çimlenmesi, kök ve sürgün gelişimi, çiçeklenme ve

meyve olgunlaşması gibi temel süreçleri önemli ölçüde etkilemektedir (Guo ve ark., 2024; Rasool, 2022, Muradoğlu ve ark., 2024).

Oksinler, sitokininler, gibberellinler, absisik asit, etilen, jasmonik asit ve salisilik asit gibi başlıca bitki hormonları; büyüme, gelişme ve stres yanıtlarının düzenlenmesinde birbirini tamamlayan işlevlere sahiptir. Bu hormon grupları; hücre bölünmesi, uzaması, organ oluşumu, dormansi, çiçeklenme, meyve gelişimi ve çevresel streslere verilen yanıtlar gibi süreçlerde temel düzenleyici bileşenler olarak görev alır. Bu nedenle, *in vitro* koşullarda büyüme düzenleyicilerinin seçimi ve dengesi, kültürlenen dokuların yanıtları üzerinde belirleyici olmaktadır (Han ve Kahmann, 2019; Müller, 2021; Rasool, 2022).



Şekil 1. Bazı bitkisel hormonların bitki büyümesi üzerindeki etkilerine göre gruplandırılması.
Figüre 1. Grouping of some plant hormones according to their effects on plant growth.

Oksinler

Oksinler, bitkilerin sürgün apikal meristemi ve kök uçları gibi aktif büyüme bölgelerinde sentezlenen ve fototropizm ile gravitropizm süreçlerinde hücre uzaması ve farklılaşmasını düzenleyen temel bir hormon sınıfıdır (Han ve Kahmann, 2019; Yang ve ark., 2014). Bu bölgelerdeki oksin birikimi, hücre uzaması, kök oluşumu, apikal baskınlık, yan kök gelişimi ve organogenez gibi

pek çok gelişimsel sürecin kontrol edilmesinde kritik rol oynar; oksinin etkileri büyük ölçüde bitki dokusu içindeki polar dağılımına bağlıdır (Wang ve ark., 2017).

Oksinler doğal ve sentetik olmak üzere iki gruba ayrılır. Doğal oksinler arasında en baskın olanı indol-3-asetik asit (IAA) olup hücre uzaması, apikal baskınlık ve kök oluşumu gibi süreçlerde etkilidir ve gen ekspresyonu ile diğer fitohormonlarla etkileşim yoluyla geniş bir düzenleyici etki yelpazesine sahiptir (Großmann, 2009; Fattorini ve ark., 2017). Bir diğer doğal oksin olan indol-3-bütirik asit (IBA) özellikle adventif kök oluşumunu desteklemesi ve stabil yapısı nedeniyle köklenme protokollerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Strader ve ark., 2010)

Sentetik oksinler arasında naftalen asetik asit (NAA), kök oluşumu ve meyve gelişiminin (*in vivo* şartlarda) teşvik edilmesinde yaygın olarak kullanılan bir bileşendir ve bazı türlerde somatik embriyogenezi uyarmada etkili olduğu bildirilmiştir (Meng ve ark., 2004; Pinheiro ve ark., 2014). 2,4-diklorofenoksiasetik asit (2,4-D) ise özellikle kallus indüksiyonu ve somatik embriyogenezin başlatılmasında sık tercih edilen güçlü bir sentetik oksindir (Koua ve ark., 2011; Karami ve ark., 2022).

In vitro koşullarda oksin kullanımı belirli hassasiyetler gerektirir. Oksinlerin stabilitesi kritik olup uzun süreli maruziyet, sonraki aşamalarda köklenme kapasitesinin azalmasına yol açabilir (Nakhooda ve ark., 2011). Ayrıca oksin-sitokinin oranı, sürgün ve kök indüksiyonunun yönünü belirleyen temel faktörlerden biridir; oranlardaki dengesizlik rejenerasyon verimliliğini olumsuz etkileyebilir (Siwach ve Gill, 2013; Siwach ve Gill, 2011). Buna ek olarak oksin tepkileri türe özgü olabilir, bu nedenle farklı bitki türleri için protokollerin optimize edilmesi gerekmektedir (Abinaya, 2021). Optimal sonuçların elde edilebilmesi için, çeşitli konsantrasyon ve kombinasyonların ön denemelerle değerlendirilmesi önerilmektedir (Freytag ve ark., 2017; Elangomathavan ve ark., 2017).

Sitokininler

Sitokininler, bitkilerde hücre bölünmesini uyarmalarıyla bilinen ve apikal baskınlık, kök gelişimi ve yaprak yaşlanması gibi pek çok süreci etkileyen temel bir fitohormon sınıfıdır (Denancé ve ark., 2013; Palberg ve ark., 2022). Bitki doku kültürü bağlamında sitokininler özellikle önemlidir; çünkü sürgün oluşumu, organogenez ve küçük doku parçalarından bütün bitkilerin rejenerasyonunda belirleyici bir rol oynarlar (Chmielarz ve ark., 2023; Yin ve ark., 2008). Ayrıca azotun yeniden mobilizasyonunu destekler ve kloroplast yapısını iyileştirerek fotosentez kapasitesini artırır (Criado ve ark., 2009).

Sitokininler ağırlıklı olarak köklerde sentezlenir ve floem aracılığıyla sürgün ve yaprak gibi hedef organlara taşınarak işlevlerini gerçekleştirir (Kieber ve Schaller, 2018).

Sitokininler ağırlıklı olarak köklerde sentezlenir ve floem aracılığıyla sürgün ve yaprak gibi hedef organlara taşınarak işlevlerini gerçekleştirir (Kieber ve Schaller, 2018). Bu hormon sınıfında doğal sitokininler (zeatin, dihidrozeatin, izopenteniladenin) ve sentetik sitokininler (6-Benzylaminopurine/BAP, kinetin/K, tidiazuron/TDZ, meta-Topolin/mT vd.) bulunur. Doğal sitokininler bitki dokularında fizyolojik süreçlerin düzenlenmesinde önemli rol oynarken, sentetik sitokininler güçlü biyolojik aktiviteleri nedeniyle özellikle *in vitro* kültürlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Nishimura ve ark., 2004; Romanov ve ark., 2018; Hecht ve ark., 1971). Bu farklı sitokinin tiplerinin kullanımı, bitki türüne ve amaçlanan doku kültürü protokolüne bağlı olarak büyümenin esnek biçimde yönlendirilmesine olanak tanır (Suttle, 2008).

Doku kültürü ortamlarında sitokininlerin etkisi büyük ölçüde uygulanan konsantrasyona ve oksin–sitokinin oranına bağlıdır. Kinetin ve BA gibi sitokininler, oksinlerle uygun oranlarda kullanıldığında sürgün oluşumunu ve koltuk altı tomurcuk gelişimini önemli ölçüde teşvik eder (Leto

ve ark., 2025; Hwang ve ark., 2012; Thong ve Madhialagan, 2015). Genel olarak yüksek oksin/düşük sitokinin oranı kök oluşumunu, yüksek sitokinin/düşük oksin oranı ise sürgün çoğalmasını destekler (Szechyńska-Hebda ve ark., 2007; Ling ve ark., 2013). Ayrıca, farklı sitokininler farklı fizyolojik tepkiler oluşturabilir; örneğin BA birçok türde yaygın kullanılmasına rağmen, meta-Topolin (mT) bazı türlerde daha az kloroz ve fizyolojik stres yaratması nedeniyle tercih edilmektedir (Chen ve ark., 2020; Bairu ve ark., 2007). Bu nedenle eksplantın endojen hormon düzeyi de protokol optimizasyonunda göz önünde bulundurulmalıdır (Jiménez ve Bangerth, 2001).

Sitokininler, hücre bölünmesini ve organogenezi teşvik ettikleri için bitki doku kültüründe çok önemlidir. Ancak aşırı sitokinin konsantrasyonları hiperhidrik koşullara yol açabilir. Bitki doku kültürlerinde sıkça karşılaşılan hiperhidriklik, bitki dokularında aşırı su tutulmasıyla tanımlanan ve büyüme ile gelişim üzerinde olumsuz etkilere neden olan bir fizyolojik bozukluktur. Hiperhidriklik, özellikle sitokininler ile oksinler arasındaki hormonal dengeden güçlü biçimde etkilenmektedir. Örneğin, yapılan çalışmalar 12,29 mM'yi aşan 2-izopentiladenin konsantrasyonlarının aşırı sürgün çoğalmasını teşvik ederken aynı zamanda lisianthus kültürlerinde hiperhidri oluşumuna katkıda bulunabildiğini göstermiştir (Paek ve Hahn, 2000). Tersine, daha düşük sitokinin konsantrasyonlarına sahip koşullar, hiperhidrik bitkilerin görülme sıklığının azalmasıyla ilişkilendirilmiştir, bu da sitokininler ve hiperhidriklik arasında doza bağlı bir ilişki olduğunu göstermiştir. IAA başta olmak üzere oksinlerin, sitokininlere karşı verilen yanıtları düzenlediği, organogenez süreçlerini etkilediği ve optimum oksin–sitokinin oranlarında hiperhidrikliği azaltıcı etki gösterebildiği bildirilmiştir (Pernisová ve ark., 2011).

Giberellinler

Gibberellinler, birçok bitki türünde gövde uzaması, tohum çimlenmesi ve çiçeklenme gibi temel gelişim süreçlerini teşvik eden önemli bir fitohormon grubudur (Denancé ve ark., 2013; Keswani ve ark., 2022). Bitki doku kültürü uygulamalarında da benzer biçimde kritik bir role sahiptir ve özellikle *in vitro* ortamda sürgün çoğalması, çimlenme oranları ve genel bitki büyümesinin iyileştirilmesinde etkinlik göstermektedir. Örneğin, kültür ortamına 0,1 mg/L GA_3 eklenmesinin böğürtlen çeşitlerinde sürgün çoğalmasını anlamlı düzeyde artırdığı bildirilmiştir (Hunková ve ark., 2018). Benzer şekilde, Murashige ve Skoog (MS) ortamına farklı konsantrasyonlarda GA_3 ilavesi, Afrika irislerinde (*Dietes iridioides*) yaprak boyutu ve bitki gelişiminde belirgin artışlara yol açmıştır (Silva ve ark., 2020). Bu bulgular, gibberellinlerin hücre uzamasını uyarması ve doku farklılaşması ile organogenezi etkilemesi nedeniyle *in vitro* çoğaltma süreçlerinde yarayışlı olabilmektedir.

GA3'ün etkinliği büyük ölçüde kültür ortamındaki konsantrasyonuna bağlıdır ve araştırmalar hem düşük hem de yüksek konsantrasyonların farklı sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Doku kültürü uygulamalarında GA3 genellikle belirli bir doz aralığında kullanılır. Araştırmalar, 0,5 mg/L ile 1,0 mg/L arasındaki konsantrasyonların çeşitli türlerde kallus oluşumunu başlatmak ve somatik embriyogenezi teşvik etmek için etkili olduğunu göstermiştir. Örneğin, *Citrullus colocynthis* bu GA3 seviyelerinde etkili kallus indüksiyonu göstermiştir (Ramakrishna ve Shasthree, 2016). Benzer şekilde, *Quisqualis indica'da* 0,5 mg/L gibi düşük GA_3 konsantrasyonları, diğer hormonlarla birlikte sürgün rejenerasyonunu artırmış ve rejenerasyonun hassas hormonal oranlara duyarlı olduğunu ortaya koymuştur (Mandal ve Laxminarayana, 2012). Ek olarak, araştırmalar GA3 konsantrasyonlarının artırılmasının sürgün çoğalmasını iyileştirebileceğini ve optimal seviyelerin

genellikle 0,5 ila 1,0 mg/L civarında olduğunu doğrulamıştır (Aguado-Santacruz ve ark., 2001; Hussein ve ark., 2016).

Bunun aksine, yüksek GA_3 konsantrasyonları (>1 mg/L) büyüme ve gelişme üzerinde baskılayıcı etkilere yol açabilir. Nitekim, patates yumru disklerinde yüksek GA_3 seviyelerinin sürgün primordium oluşumunu engellediği bildirilmiş ve bu durum, hormon uygulamalarında hassas bir denge gerekliliğini açıkça ortaya koymuştur (Jarret ve ark., 1980). Ayrıca GA_3'ün aşırı uygulanması, tuz stresine maruz kalan bitkilerde su alımını ve büyümeyi sınırlayarak, hormonun belirli bir eşik değerinin üzerinde yarardan çok zarar verebileceğini göstermektedir (Jiao ve ark., 2019).

Önemli bir husus da GA_3'e verilen bitkisel yanıtların, türlerin genetik yapısı ve fizyolojik durumlarına bağlı olarak önemli ölçüde değişebilmesidir. GA_3'ün diğer fitohormonlarla birlikte uygulanması ise çoğu zaman sinerjik etkiler oluşturarak, tek başına uygulamalara kıyasla daha güçlü büyüme tepkilerinin ortaya çıkmasını sağlayabilmektedir (Al-Qudah ve ark., 2025). Nitekim bu prensip, mikroçoğaltma çalışmalarında GA_3'ün sitokininler ve oksinlerle kombinasyon hâlinde kullanıldığı türlerde yüksek rejenerasyon oranları elde edilmesiyle desteklenmektedir (Hussein, 2007; Al-Alwani ve Mohammed, 2023).

Genel olarak, doku kültüründe GA_3 uygulaması için esnek bir aralık bulunsa da (genellikle 0,5–1,0 mg/L), daha yüksek konsantrasyonlarda ortaya çıkabilecek olası baskılayıcı etkilerin izlenmesi önemlidir. GA3 ve diğer büyüme düzenleyiciler arasında bir denge kurmak, çeşitli bitki türlerinde doku büyümesini ve organogenezi en üst düzeye çıkarmak için çok önemlidir (Figueiredo ve ark., 2021; Cleland ve Briggs, 1969).

Absisik Asit

Absisik asit (ABA), bitkilerin özellikle kuraklık gibi abiyotik stres koşullarında stoma kapanmasını teşvik ederek su kaybını sınırlamasında temel

bir hormon olarak görev yapar (Llanes ve ark., 2016). Doku kültürü ortamlarında ise ABA, somatik embriyogenez, embriyo olgunlaşması ve rejenerasyon sonrası bitkiciklerin iklime adaptasyonu gibi süreçlerde kritik bir düzenleyici olarak işlev görmekte ve kültürlenen dokuların büyüme ile gelişim dinamiklerini önemli ölçüde etkilemektedir.

Sá ve ark. (2022), ABA'nın hücre bölünmesi ve büyümeyi düzenleyen sitokinin sinyallerini baskılayabildiğini ve bu karşıt etkileşimin özellikle manyok (*Manihot esculenta*) germplazmasının korunmasına yönelik doku kültürü uygulamalarında işlevsel olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde, huş ağacı doku kültüründe ABA'nın kök sistemi gelişimini destekleyerek hem yanal kök oluşumunu hem de toplam kök büyümesini artırdığı bildirilmiştir; bu bulgu, hormonun *in vitro* kök mimarisi üzerinde olumlu bir düzenleyici etkiye sahip olabileceğini göstermektedir (Vaičiukynė ve ark., 2018). Ayrıca, ABA uygulamasının *Calendula officinalis'*te triterpenoid biyosentezini teşvik ettiği belirlenmiş olup, bu durum ABA'nın yalnızca büyüme sınırlama mekanizmalarıyla ilişkili olmadığını, aynı zamanda *in vitro* ikincil metabolit üretimini artırma potansiyeline de sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Markowski ve ark., 2022).

ABA, somatik embriyoların olgunlaşma aşamalarında da kritik öneme sahiptir. Soya fasulyesi somatik embriyolarının fizyolojik olgunluğunu kolaylaştırır ve burada varlığı artan canlılık ve çimlenme oranlarıyla ilişkilidir (Mazri ve ark., 2019). Bu, ABA'nın kuruma toleransını artırarak erken çimlenmeyi önleme kapasitesini bildiren bulgularla uyumludur (Manoj ve ark., 2011). Hurma somatik embriyoları bağlamında, ABA'nın olgunlaşma süreçlerini iyileştirmedeki rolü vurgulanmış ve genel embriyo kalitesindeki artışın ekzojen uygulamasıyla bağlantılı olduğu belirtilmiştir (Mazri ve ark., 2019).

Ayrıca ABA, doku kültürü bitkilerinin aklimatizasyon sürecindeki işlevini de genişletmektedir. Terlemeyi azaltıcı etkisi sayesinde, *in vitro*

koşullardan dış ortama alınan bitkiciklerde su kaybını sınırlayarak ex vitro uyum sürecini kolaylaştırır ve hayatta kalma oranlarını artırır (Huh ve ark., 2017). Bu fizyolojik avantaj, mikroçoğaltılmış bitkilerin doğal çevrelerine başarılı bir şekilde uyum sağlaması için kritik öneme sahiptir. Nitekim, kontrollü ABA uygulamalarının *Tagetes erecta* bitkilerinde aklimatizasyon sırasında canlılık oranlarını yükselttiği çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (Aguilar, 2000).

Optimal ABA dozajları, bitki türüne ve doku kültürü sürecinin özel hedeflerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Araştırmalar, 1 µM ile 100 µM arasında değişen ABA konsantrasyonlarının çeşitli türlerde somatik embriyogenezi teşvik etmede etkili olabileceğini göstermektedir. Özellikle, *Larix principis-rupprechtii*'de somatik embriyo olgunlaşması için 16 mg/L (yaklaşık 44,4 µM) konsantrasyonu optimize edilmiş ve embriyoların önemli ölçüde büyümesi ve gelişmesi sağlanmıştır (Jiang ve ark., 2021).

Douglas köknarı (*Pseudotsuga menziesii*) üzerinde yapılan çalışmalar, ABA'nın somatik embriyoların oluşumunu etkili bir şekilde uyardığını göstermiştir. ABA ilavesinin, geleneksel oksin ve sitokinin uygulamalarına kıyasla embriyo gelişimini artırdığı bildirilmiş; ancak bu etkinin genotipe bağlı olarak değiştiği ve çoğunlukla sınırlı düzeyde olduğu ifade edilmiştir (Walther ve ark., 2021). Ayrıca, hurma ağacını içeren çalışmalarda, somatik embriyoların en iyi senkronize büyümesi, 50 ila 100 µM arasındaki ABA konsantrasyonlarıyla elde edilmiştir; bu da daha yüksek konsantrasyonların kontrollü embriyonik gelişim için uygun olabileceğini göstermektedir (Alwael ve ark., 2017).

Ayrıca, *Simarouba glauca*'nın rejeneratif doku kültürlerinde, 1,89 µM'lik bir ABA konsantrasyonunun olgunlaşma ortamında embriyogenezi desteklediği gözlemlenmiş ve bu da daha düşük konsantrasyonlarda bile faydalı rolünü doğrulamıştır (Rout ve Das, 1994).

ABA konsantrasyonu, *in vitro* kültürlerde büyüme ve farklılaşma süreçlerini yönlendirmede kritik bir değişkendir. Aşırı ABA seviyeleri organogenez veya kök gelişimini baskılayabileceğinden, her bir bitki türü için optimum konsantrasyon aralığının belirlenmesi gereklidir (Lema-Rumińska ve ark., 2013). Ayrıca ışık maruziyeti gibi çevresel faktörler de ABA'ya verilen yanıtları önemli ölçüde değiştirebilir. Nitekim belirli ışık koşullarında ABA'nın kallus kültürlerinde sürgün rejenerasyonunu sınırlayabildiği gösterilmiştir (Rikiishi ve ark., 2015).

Ayrıca, sakaroz gibi diğer büyüme düzenleyicilerin ve şekerlerin tamamlayıcı kullanımı, ABA'nın doku kültüründe istenen gelişimsel sonuçları teşvik etmedeki genel etkinliğini etkileyebilir (Lema-Rumińska ve ark., 2013). Son olarak, ABA uygulamasının zamanlamasını ve yöntemini izlemek kritik öneme sahiptir, çünkü etkileri geçici ve bağlama bağlı olabilir ve farklı gelişim aşamaları ve türler arasında değişiklik gösterebilir (Lema-Rumińska ve ark., 2013).

ETİLEN

Etilen (C_2H_4), gaz formundaki bir bitki hormonu olup meyve olgunlaşması, mekanik strese yanıt ve çeşitli gelişimsel süreçlerin düzenlenmesinde önemli bir rol oynar (Han ve Kahmann, 2019; Rasool, 2022; Yang ve ark., 2014). Doku kültürü koşullarında etilenin etkileri daha karmaşık hâle gelir; çünkü hormonun büyüme üzerindeki sonuçları hem konsantrasyona hem de kültüre alınan bitki türüne bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Çalışmalar, etilenin bazı durumlarda gelişim süreçlerini teşvik ederken, diğer durumlarda ise inhibe edebileceğini ortaya koymuştur; bu ikili etki, *in vitro* uygulamalarda hormon yönetimini güçleştiren temel unsurlardan biridir (Biddington, 1992; Habiba ve ark., 2018).

Bitki doku kültüründe etilen, büyüme ve rejenerasyon süreçlerini önemli ölçüde etkileyebilir. Nitekim düşük etilen konsantrasyonlarının

(genellikle 0,1–1 ppm aralığı) sürgün rejenerasyonunu ve organogenezi teşvik ederek adventif sürgün oluşumunu artırdığı ve böylece mikroçoğaltım sistemlerinin genel verimliliğini yükseltebildiği çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (Şan ve ark., 2014). Örneğin, etilen üretimini baskıladığı bilinen gümüş tiyosülfat (STS), yaprak eksplantlarından sürgün rejenerasyonunu artırmak amacıyla kullanılan protokollerde başarıyla uygulanmış ve etilen seviyelerinin kontrollü tutulmasının önemini vurgulamıştır (Şan ve ark., 2014). Etilen konsantrasyonu yükseldiğinde sürgün uzaması ve bazı gelişimsel süreçler baskılanabilirken; düşük seviyelerde tutulması, hücresel sinyal yollarını etkileyerek sürgün çoğalması ve kök gelişiminde olumlu yanıtlar oluşturabilir (Королева ve ark., 2023; Mehraj ve ark., 2019).

Bununla birlikte, etilenin etkisi yalnızca konsantrasyona değil, maruziyet zamanlamasına da bağlıdır. *In vitro* gelişimin farklı aşamalarında bitkiler farklı miktarlarda etilen üretebilir; özellikle oksin ve sitokinin seviyelerinin yüksek olduğu dönemlerde, eksplantın gelişim evresine bağlı olarak etilen üretimi artabilir ve bu durumun etkileri hem faydalı hem de zararlı olabilir (Javed ve ark., 2019). Etilenin etkisi eksplant tipine göre de değişmektedir. Farklı bitki dokularının etilene duyarlılık düzeyi farklı olduğundan, eksplant seçimi rejenerasyon verimliliğini doğrudan etkileyebilir. Nitekim bazı eksplantlar etilene daha güçlü yanıtlar vererek kontrollü koşullarda daha yüksek sürgün veya kök rejenerasyonu sağlayabilmektedir (Haliloğlu ve ark., 2023).

Ayrıca kültür kaplarında etilen birikimi, in vitro koşullarda göz ardı edilmemesi gereken bir başka önemli faktördür. Kapalı ortamlarda biriken etilen, uygun şekilde yönetilmediği takdirde istenmeyen gelişimsel yanıtları tetikleyebilir. Bu nedenle, yeterli havalandırma sağlayan kültür kaplarının kullanımı veya etilen emicilerin ortama eklenmesi, aşırı birikimi azaltarak daha sağlıklı kültürlerin elde edilmesine katkı sağlayabilir (Biddington, 1992).

KAYNAKÇA

Abinaya, R. (2021). In-vitro regeneration from direct and indirect organogenesis of crescentia alata kunth an important multipurpose medicinal tree. *European Journal of Medicinal Plants,* 48-58. https://doi.org/10.9734/ejmp/2021/v32i330381

Aguado-Santacruz, G. A., Cabrera-Ponce, J. L., Olalde-Portugal, V., Sánchez-González, M. A. R., Márouez-Guzmán, J., & Herrera-Estrella, L. (2001). Tissue culture and plant regeneration of blue grama grass, *Bouteloua gracilis* (h.b.k.) lag. ex steud. *In vitro* Cellular & Developmental Biology- *Plant, 37*(2), 182-189. https://doi.org/10.1007/s11627-001-0032-z

Aguilar, M. (2000). The role of abscisic acid in controlling leaf water loss, survival and growth of micropropagated tagetes erecta plants when transferred directly to the field. *Journal of Experimental Botany, 51*(352), 1861-1866. https://doi.org/10.1093/jexbot/51.352.1861

AL-Alwani, A. A. M. & Mohammed, M. A. (2023). Propagation of chia plants using plant tissue culture technique. *Journal of Biotechnology Research Center, 17*(1), 66-80. https://doi.org/10.24126/jobrc.2023.17.1.702

Al-Qudah, T. S., Shibli, R. A., Abu-Zurayk, R., & Hudaib, M. (2025). Nanoparticles enhance *in vitro* micropropagation and secondary metabolite accumulation in origanum petraeum. *Nanomaterials, 15*(19), 1496. https://doi.org/10.3390/nano15191496

Alwael, H. A., Naik, P. M., & Al-Khayri, J. M. (2017). Synchronization of somatic embryogenesis in date palm suspension culture using abscisic acid. *Methods in Molecular Biology*, 215-226. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7156-5_18

Armas, I., Pogrebnyak, N., & Raskin, I. (2017). A rapid and efficient *in vitro* regeneration system for lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Plant Methods, 13*(1). https://doi.org/10.1186/s13007-017-0208-0

Bairu, M. W., Stirk, W. A., Doležal, K., & Staden, J. V. (2007). Optimizing the micropropagation protocol for the endangered aloe polyphylla: can meta-topolin and its derivatives serve as replacement for benzyladenine and zeatin?.

Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 90(1), 15-23. https://doi.org/10.1007/s11240-007-9233-4

Biddington, N. (1992). The influence of ethylene in plant tissue culture. *Plant Growth Regulation, 11*(2), 173-187. https://doi.org/10.1007/bf00024072

Chen, Y., Chen, C., & Lin, H. (2020). Topolins and red light improve the micropropagation efficiency of passion fruit (*Passiflora edulis sims*) 'tainung no. 1'. *HortScience, 55*(8), 1337-1344. https://doi.org/10.21273/hortsci15078-20

Cheng, J., Chen, Y., Guo, F., Dong, P., Zhou, C., Liang, W., … & Wang, H. (2025). Regulatory mechanisms and biosynthesis of chlorogenic acid in *Lonicera japonica*: insights from tissue culture and inducer treatments. *Frontiers in Plant Science, 16*. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1567140

Chmielarz, P., Kotlarski, S., Kalemba, E. M., Martins, J. P. R., & Michalak, M. (2023). Successful *in vitro* shoot multiplication of *Quercus robur* L. trees aged up to 800 years. *Plants, 12*(12), 2230. https://doi.org/10.3390/plants12122230

Cleland, C. F. & Briggs, W. (1969). Gibberellin and ccc effects on flowering and growth in the long-day plant lemna gibba g3. *Plant Physiology, 44*(4), 503-507. https://doi.org/10.1104/pp.44.4.503

Criado, M. V., Caputo, C., Roberts, I. N., Castro, M. A., & Barneix, A. J. (2009). Cytokinin-induced changes of nitrogen remobilization and chloroplast ultrastructure in wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Plant Physiology, 166*(16), 1775-1785. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.05.007

Denancé, N., Sánchez-Vallet, A., Goffner, D., & Molina, A. (2013). Disease resistance or growth: the role of plant hormones in balancing immune responses and fitness costs. *Frontiers in Plant Science, 4*. https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00155

Elangomathavan, R., S, N. B., Hariharan, S., & Kalaivanan, P. (2017). Indirect shoot organogenesis from leaf explants of threatened medicinal plant cleistanthus collinus. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences (IJARBS), 4*(1), 58-68. https://doi.org/10.22192/ijarbs.2017.04.01.007

Fattorini, L., Rovere, F. D., Andreini, E., Ronzan, M., Falasca, G., & Altamura, M. M. (2017). Indole-3-butyric acid induces ectopic formation of metaxylem in the

hypocotyl of arabidopsis thaliana without conversion into indole-3-acetic acid and with a positive interaction with ethylene. *International Journal of Molecular Sciences, 18(*11), 2474. https://doi.org/10.3390/ijms18112474

Figueiredo, J. R. M., Paiva, P. D. d. O., Silva, D. P. C. d., Paiva, R., Souza, R. R. d., & Reis, M. V. d. (2021). Temperature and ga3 on ros and cytogenetic stability during *in vitro* cultivation of strelitzia zygotic embryos. *Ciência E Agrotecnologia, 45*. https://doi.org/10.1590/1413-7054202145020220

Freytag, C., Pabar, S. A., Demeter, Z., Simon, Á., Resetár, A., Molnár, A., … & Máthé, C. (2017). Production and characterization of tissue cultures of four crocus species from the carpathian basin. *Acta Biologica Cracoviensia S. Botanica, 59*(2), 31-39. https://doi.org/10.1515/abcsb-2017-0009

Großmann, K. (2009). Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. *Pest Management Science, 66*(2), 113-120. https://doi.org/10.1002/ps.1860

Guo, F., Lv, M., Zhang, J., & Li, J. (2024). Crosstalk between brassinosteroids and other phytohormones during plant development and stress adaptation. *Plant and Cell Physiology, 65*(10), 1530-1543. https://doi.org/10.1093/pcp/pcae047

Guo, Y., Niemelä, T., & Tulisalo, U. (2000). Maintenance of male sterile germplasm in brassica rapa by *in vitro* propagation. *Agricultural and Food Science, 9*(3), 231-238. https://doi.org/10.23986/afsci.5664

Habiba, S., Ahasan, M., & Shimasaki, K. (2018). Effects of ethrel on organogenesis of protocorm-like bodies in dendrobium kingianum *in vitro*. *Plant Tissue Culture and Biotechnology, 28*(1), 141-146. https://doi.org/10.3329/ptcb.v28i1.37205

Haliloğlu, K., Türkoğlu, A., Balpınar, Ö., Öztürk, H., Özkan, G., & Poczai, P. (2023). Effects of mammalian sex hormones on *in vitro* organogenesis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientific Reports, 13*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-30090-4

Han, X. & Kahmann, R. (2019). Manipulation of phytohormone pathways by effectors of filamentous plant pathogens. *Frontiers in Plant Science, 10*. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00822

Hecht, S. M., Bock, R. M., Schmitz, R. Y., Skoog, F., & Leonard, N. J. (1971). Cytokinins: development of a potent antagonist. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 68*(10), 2608-2610. https://doi.org/10.1073/pnas.68.10.2608

Hesami, M., Pepe, M., Ronne, M. d., Yoosefzadeh-Najafabadi, M., Adamek, K., Torkamaneh, D., … & Jones, A. M. P. (2023). Transcriptomic profiling of embryogenic and non-embryogenic callus provides new insight into the nature of recalcitrance in cannabis. *International Journal of Molecular Sciences, 24*(19), 14625. https://doi.org/10.3390/ijms241914625

Huh, Y. S., Lee, J. K., & Nam, S. Y. (2017). Improvement ofex vitroacclimatization of mulberry plantlets by supplement of abscisic acid to the last subculture medium. *Journal of Plant Biotechnology, 44*(4), 431-437. https://doi.org/10.5010/jpb.2017.44.4.431

Hunková, J., Libiaková, G., Fejér, J., Vujović, T., & Gajdošová, A. (2018). Testing of different iron sources and concentrations on shoot multiplication of blackberry (*Rubus fruticosus* L.). *Genetika, 50*(1), 351-356. https://doi.org/10.2298/gensr1801351h

Hussein, G. M., Abdel-Rahman, T. M. A., & Alwan, A. H. (2016). Defense response enhancement in strawberry via elicitors. *3 Biotech, 6*(2). https://doi.org/10.1007/s13205-016-0431-9

Hussein, H. (2007). Effect of some growth regulators applied to a multiplication and rooting media on micropropagation and acclimatization of some cultivars of *Rosa hybrida* L. *Journal of Plant Production, 32*(4), 2849-2862. https://doi.org/10.21608/jpp.2007.207687

Hwang, I., Sheen, J., & Müller, B. (2012). Cytokinin signaling networks. *Annual Review of Plant Biology, 63*(1), 353-380. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105503

Jarret, R. L., Hasegawa, P. M., & Erickson, H. T. (1980). Factors affecting shoot initiation from tuber discs of potato (*Solanum tuberosum*). *Physiologia Plantarum, 49*(2), 177-184. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1980.tb02648.x

Javed, S., Alatar, A., Anis, M., & El-Sheikh, M. (2019). *In vitro* regeneration of coral tree from three different explants using thidiazuron. *Horttechnology, 29*(6), 946-951. https://doi.org/10.21273/horttech04398-19

Jiang, S., Chen, X., Gao, Y., Cui, Y., Kong, L., Zhao, J., … & Zhang, J. (2021). Plant regeneration via somatic embryogenesis in larix principis-rupprechtii mayr. *Forests, 12*(10), 1335. https://doi.org/10.3390/f12101335

Jiao, X., Zhi, W., GuiJuan, L., Zhu, G., Feng, G., Nimir, N. E. A., … & Zhou, G. (2019). Responses of foreign ga3 application on seedling growth of castor bean (*Ricinus communis* L.) under salinity stress conditions. *Agronomy, 9*(6), 274. https://doi.org/10.3390/agronomy9060274

Jiménez, V. M. & Bangerth, F. (2001). Endogenous hormone levels in explants and in embryogenic and non-embryogenic cultures of carrot. *Physiologia Plantarum, 111*(3), 389-395. https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2001.1110317.x

Karami, O., Philipsen, C., Rahimi, A., Nurillah, A. R., Boutilier, K., & Offringa, R. (2022). Endogenous auxin maintains embryonic cell identity and promotes somatic embryo development in arabidopsis. *The Plant Journal, 113*(1), 7-22. https://doi.org/10.1111/tpj.16024

Keswani, C., Singh, S. P., García-Estrada, C., Mezaache-Aichour, S., Glare, T. R., Borriss, R., … & Sansinenea, E. (2022). Biosynthesis and beneficial effects of microbial gibberellins on crops for sustainable agriculture. *Journal of Applied Microbiology, 132*(3), 1597-1615. https://doi.org/10.1111/jam.15348

Kieber, J. J. & Schaller, G. E. (2018). Cytokinin signaling in plant development. *Development, 145*(4). https://doi.org/10.1242/dev.149344

Koua, F., Abbas, F. M., Elgaali, E. I., Khalafallah, M., & Babiker, H. A. A. (2011). *In vitro* host-free seed culture, callus development and organogenesis of an obligatory root-parasite *Striga hermonthica* (del.) benth: the witch-weed and medicinal plant. *International Journal of Plant Biology, 2*(1), e9. https://doi.org/10.4081/pb.2011.e9

Kujeke, G. T., Chitendera, T. C., Masekesa, R. T., Mazarura, U., Ngadze, E., Rugare, J. T., & Matikiti, A. (2020). Micropropagation of Livingstone Potato (*Plectranthus esculentus* NE Br). *Advances in Agriculture, 2020*(1), 8364153.

Lema-Rumińska, J., Goncerzewicz, K., & Gabriel, M. (2013). Influence of abscisic acid and sucrose on somatic embryogenesis in cactus *Copiapoa tenuissima* Ritt. forma mostruosa. *The Scientific World Journal, 2013*(1), 513985.

Leto, L., Guarrasi, V., Agosti, A., Nironi, M., Chiancone, B., & Juan-Vicedo, J. (2025). Effects of cytokinins on morphogenesis, total (poly)phenolic content and antioxidant capacity of *in vitro*-cultured hop plantlets, cvs. cascade and columbus. *Plants, 14*(3), 418. https://doi.org/10.3390/plants14030418

Ling, A. P. K., Tan, K. P., & Hussein, S. (2013). Comparative effects of plant growth regulators on leaf and stem explants of *Labisia pumila* var. *alata*. *Journal of Zhejiang University Scıence B, 14*(7), 621-631. https://doi.org/10.1631/jzus.b1200135

Llanes, A., Andrade, A., Alemano, S., & Luna, V. (2016). Alterations of endogenous hormonal levels in plants under drought and salinity. *American Journal of Plant Sciences, 07(*09), 1357-1371. https://doi.org/10.4236/ajps.2016.79129

Mahato, A., Chaudhari, G., Banjade, G., & Uprety, S. (2023). Tissue Culture and Its Application in Modern Agriculture. *INWASCON Technology Magazine (i-TECH MAG), 5*, 09-11.

Mandal, J., & Laxminarayana, U. (2012). *In vitro* Organogenesis of Quisqualis indica Linn. *American Journal of Plant Sciences, 3*(9), 1272-1282.

Manoj, K., Shekhawat, N. S., Mangesh, H., Gupta, A., Phulwaria, M., Ram, K., … & Jaiswal, U. (2011). The role of abscisic acid in plant tissue culture: a review of recent progress. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 106*(2), 179-190. https://doi.org/10.1007/s11240-011-9923-9

Markowski, M., Alsoufi, A. S. M., Szakiel, A., & Długosz, M. (2022). Effect of ethylene and abscisic acid on steroid and triterpenoid synthesis in calendula officinalis hairy roots and saponin release to the culture medium. *Plants, 11*(3), 303. https://doi.org/10.3390/plants11030303

Mazri, M. A., Meziani, R., Belkoura, I., Elmaataoui, S., Mokhless, B., & Nour, S. (2019). Maturation and germination of date palm (*Phoenix Dactylifera* L.) somatic embryos. *Notulae Scientia Biologicae, 11*(1), 86-93. https://doi.org/10.15835/nsb11110403

Mehraj, U., Panwar, S., Singh, K., NAMITA, N., Pandey, R., Solanke, A., … & Kumar, S. (2019). *In vitro* regeneration of double haploid line of african marigold (*Tagetes erecta*) derived from ovule culture using non-axillary explants. *The Indian Journal of Agricultural Sciences, 89*(6), 969-974. https://doi.org/10.56093/ijas.v89i6.90784

Meng, R., Chen, C., Finn, C. E., & Li, Y. (2004). Improving *in vitro* plant regeneration from leaf and petiole explants of `marion' blackberry. *HortScience, 39*(2), 316-320. https://doi.org/10.21273/hortsci.39.2.316

Müller, M. (2021). Foes or friends: aba and ethylene interaction under abiotic stress. *Plants, 10*(3), 448. https://doi.org/10.3390/plants10030448

Muradoğlu, F., Baytın, R., Başak, İ., & Akkuş, G. (2020). The effect of methyl jasmonate applications on some growth parameters in strawberry (*Fragaria x ananassa "Camarosa"*) plant under cadmium stress. *Journal of the Institute of Science and Technology, 10*(2), 714-722.

Muradoğlu, F., Beyhan, Ö., Demir, T., Manzoor, M.A., Sönmez, F. & Balık, H.İ. (2024) Alleviation of cadmium stress on pollens of quince varieties through epibrassinolide. *Appl Fruit Sci* 66:1241–1247. https://doi.org/10.1007/s10341-024-01135-3

Muradoğlu, F., Kırkaya, H., Batur, Ş., Pürlu, G., & Hasanov, M. (2025). The Stimulating Effect of Polyamine and Brassinolide on Sweet Cherry cv.'0900 Ziraat'Pollen. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 35*(1), 36-43.

Naik, R., Bhushan, A., Gupta, R. K., Walia, A., & Gaur, A. (2020). Low cost tissue culture technologies in vegetables: a review. *International Journal of Biochemistry Research & Review*, 66-78. https://doi.org/10.9734/ijbcrr/2020/v29i930226

Nakhooda, M., Watt, M., & Mycock, D. (2011). Auxin stability and accumulation during *in vitro* shoot morphogenesis influences subsequent root induction and development in *eucalyptus grandis*. *Plant Growth Regulation, 65*(2), 263-271. https://doi.org/10.1007/s10725-011-9597-7

Naseem, M., Kunz, M., & Dandekar, T. (2014). Probing the unknowns in cytokinin-mediated immune defense in Arabidopsis with systems biology approaches. *Bioinformatics and Biology insights,* 8, BBI-S13462.

Ngomuo, M., Mneney, E., & Ndakidemi, P. (2013). The effects of auxins and cytokinin on growth and development of *Musa sp. var."Yangambi"* explants in tissue culture. *American Journal of Plant Sciences, 4*(11), 2174-2180.

Nishimura, C., Ohashi, Y., Sato, S., Kato, T., Tabata, S., & Ueguchi, C. (2004). Histidine kinase homologs that act as cytokinin receptors possess overlapping functions in the regulation of shoot and root growth in *arabidopsis*. *The Plant Cell, 16*(6), 1365-1377. https://doi.org/10.1105/tpc.021477

Paek, K. & Hahn, E. (2000). Cytokinins, auxins and activated charcoal affect organogenesis and anatomical characteristics of shoot-tip cultures of lisianthus [*Eustoma grandiflorum (*raf*.) shinn*]. *In vitro Cellular & Developmental Biology- Plant, 36*(2), 128-132. https://doi.org/10.1007/s11627-000-0026-2

Palberg, D., Kisiała, A., Jorge, G. L., & Emery, R. J. N. (2022). A survey of methylobacterium species and strains reveals widespread production and varying profiles of cytokinin phytohormones. *BMC Microbiology, 22*(1). https://doi.org/10.1186/s12866-022-02454-9

Pernisová, M., Kuderová, A., & Hejátko, J. (2011). Cytokinin and auxin interactions in plant development: metabolism, signalling, transport and gene expression. *Current Protein & Peptide Science, 12(*2), 137-147. https://doi.org/10.2174/138920311795684887

Pinheiro, M. V. M., Martins, F. B., Cruz, A. C. F. d., Carvalho, A. C. P. P. d., Oliveira, E. J. d., & Otoni, W. C. (2014). Somatic embryogenesis in anthurium (*Anthurium andraeanum cv. Eidibel*) as affected by different explants. *Acta Scientiarum. Agronomy, 36*(1), 87. https://doi.org/10.4025/actasciagron.v36i1.16557

Ramakrishna, D. & Shasthree, T. (2016). High efficient somatic embryogenesis development from leaf cultures of *Citrullus colocynthis (l.)* schrad for generating true type clones. *Physiology and Molecular Biology of Plants, 22*(2), 279-285. https://doi.org/10.1007/s12298-016-0357-z

Rasool, N. (2022). Plant hormones: Role in alleviating biotic stress. *Plant Hormones-Recent Advances, New Perspectives and Applications*. https://doi.org/10.5772/intechopen.102689

Rikiishi, K., Matsuura, T., Ikeda, Y., & Maekawa, M. (2015). Light inhibition of shoot regeneration is regulated by endogenous abscisic acid level in calli derived from immature barley embryos. *Plos One, 10*(12), e0145242. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145242

Romanov, G. A., Lomin, S. N., & Schmülling, T. (2018). Cytokinin signaling: from the ER or from the PM? That is the question!. *New Phytologist, 218*(1), 41-53. https://doi.org/10.1111/nph.14991

Rout, G. R. & Das, P. (1994). Somatic embryogenesis in simarouba glauca. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 37*(1), 79-81. https://doi.org/10.1007/bf00048121

Sá, J. F. d., Verde, D. d. S. V., Souza, M. D. H. d., Melo, J. E. d. S., Santos, K. C. F. d., Souza, A. d. S., … & Lédo, C. A. d. S. (2022). Abscisic acid and *in vitro* conservation of manihot wild species. *Acta Scientiarum. Biological Sciences, 44*, e59549. https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v44i1.59549

Silva, L. A. S., Costa, A. d. O., Batista, D. S., Silva, M. L. d., Netto, A. P. d. C., & Rocha, D. I. (2020). Exogenous gibberellin and cytokinin in a novel system for *in vitro* germination and development of african iris (*Dietes bicolor*). *Revista Ceres, 67*(5), 402-409. https://doi.org/10.1590/0034-737x202067050008

Siringam, T. & Vanijajiva, O. (2023). The effect of plant growth regulators on micropropagation of *melientha suavis Pierre.* and assessment of genetic fidelity of regenerants based on IPBS and SRAP markers. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 24*(9). https://doi.org/10.13057/biodiv/d240902

Siwach, P. & Gill, A. R. (2011). Enhanced shoot multiplication in *Ficus religiosa l.* in the presence of adenine sulphate, glutamine and phloroglucinol. *Physiology and Molecular Biology of Plants, 17*(3), 271-280. https://doi.org/10.1007/s12298-011-0074-6

Siwach, P. & Gill, A. R. (2013). Micropropagation of *Ficus religiosa l.* via leaf explants and comparative evaluation of acetylcholinesterase inhibitory activity

in the micropropagated and conventionally grown plants. *3 Biotech, 4*(5), 477-491. https://doi.org/10.1007/s13205-013-0175-8

Strader, L. C., Culler, A. H., Cohen, J. D., & Bartel, B. (2010). Conversion of endogenous indole-3-butyric acid to indole-3-acetic acid drives cell expansion in arabidopsis seedlings. *Plant Physiology, 153*(4), 1577-1586. https://doi.org/10.1104/pp.110.157461

Suttle, J. C. (2008). Effects of synthetic phenylurea and nitroguanidine cytokinins on dormancy break and sprout growth in russet burbank minitubers. *American Journal of Potato Research, 85*(2), 121-128. https://doi.org/10.1007/s12230-008-9002-x

Szechyńska-Hebda, M., Skrzypek, E., Dąbrowska, G. B., Biesaga-Kościelniak, J., Filek, M., & Wędzony, M. (2007). The role of oxidative stress induced by growth regulators in the regeneration process of wheat. *Acta Physiologiae Plantarum, 29*(4), 327-337. https://doi.org/10.1007/s11738-007-0042-5

Şan, B., Li, Z., Hu, Q., Reighard, G., & Luo, H. (2014). Adventitious shoot regeneration from *in vitro* cultured leaf explants of peach rootstock guardian is significantly enhanced by silver thiosulfate. *Plant Cell Tissue and Organ Culture (Pctoc), 120*(2), 757-765. https://doi.org/10.1007/s11240-014-0645-7

Thong, W. H. & Madhialagan, K. (2015). Effect of cytokinins on *in vitro* regeneration of cardamine hirsuta from nodal explants. *Journal of Life Sciences and Technologies, 2*(2). https://doi.org/10.12720/jolst.2.2.74-77

Vaičiukynė, M., Žiauka, J., Žūkienė, R., Vertelkaitė, L., & Kuusienė, S. (2018). Abscisic acid promotes root system development in birch tissue culture: a comparison to aspen culture and conventional rooting-related growth regulators. *Physiologia Plantarum, 165*(1), 114-122. https://doi.org/10.1111/ppl.12860

Walther, M., Wagner, I., Raschke, J., Zoglauer, K., & Rupps, A. (2021). Abscisic acid induces somatic embryogenesis and enables the capture of high-value genotypes in douglas fir (*Pseudotsuga menziesii [mirb.] franco*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 148*(1), 45-59. https://doi.org/10.1007/s11240-021-02159-3

Wang, Y., Yang, L., Tang, Y., Tang, R., Jing, Y., Zhang, C., … & Sheng, L. (2017). Arabidopsis choline transporter-like 1 (ctl1) regulates secretory trafficking of auxin transporters to control seedling growth. *PLOS Biology, 15*(12), e2004310. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2004310

Yang, C., Liu, J., Dong, X., Cai, Z., Tian, W., & Wang, X. (2014). Short-term and continuing stresses differentially interplay with multiple hormones to regulate plant survival and growth. *Molecular Plant, 7*(5), 841-855. https://doi.org/10.1093/mp/ssu013

Yin, L., Lan, Y., & Zhu, L. (2008). Analysis of the protein expression profiling during rice callus differentiation under different plant hormone conditions. *Plant Molecular Biology, 68*(6), 597-617. https://doi.org/10.1007/s11103-008-9395-4

Королева, О., Молканова, О., & Vysotskaya, О. (2023). Development of cryopreservation technique for meristems of *Syringa vulgaris* L. cultivars. *International Journal of Plant Biology*, *14*(3), 625-637. https://doi.org/10.3390/ijpb14030048

BÖLÜM 11
SERALARDA HAVALANDIRMA

Doç. Dr. Turgay KABAY[17]*

DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18118044

[17] Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye *Sorumlu Yazar: turgaykabay@gmail.com Orcid no: https://orcid.org/0000-0002-3239-0037

GİRİŞ

Ülkemizde seracılık, her geçen yıl artmaktadır. Bunun en önemlisi, ucuz olan ve kolay temin edilen, sera örtü malzemesi olarak polietilen örtü malzemesinin artması ve basit iskelet malzemesinin (PPRC (Polypropylene Random Copolymer) borular ve metal su boruları) kullanılmasıdır.

Seralarda çok kullanılan polietilen örtü malzemesinin dışında, polikarbonat (PC) ve cam örtü malzemeleri de, sera örtü malzemesi olarak kullanılması yaygındır.

Sera iskelet malzemesi olarak, çelik, alüminyum alaşımlı iskelet malzemesi, ahşap en çok kullanılandır.

Sera örtü ve iskelet malzemeleri, sera içindeki ısının korunumu, havalandırma, gölgeleme, ısıtma ve soğutma işlemleri için çok önemlidir. Bunun dışında seranın şekli, büyüklüğü, çatı şeklide serada havalandırma için önemlidir.

Havalandırma

Seralarda havalandırma, seranın içindeki ısının düşürülmesi, oksijen ve CO_2' i dengelemek, nem dengesi amacıyla yapılmaktadır. Seraların üretim döneminde, yetiştiriciliği yapılan bitkinin, bodur veya sırık olması, bitki dikim mesafesi, sulama sıklığı ve sulama şekli, serada bulunan üniteler (damlama sulama ünitesi, askı teli, kürek vb.) sera içinin ısısına etkilidir. Seranın iskelet malzemesinin cinsi ve kalınlığı, sera zemini, örtü malzemesinin cinsi ve kalınlığı sera ısı korunumu üzerine etkilidir (Günay, 1980; Özmerzi, ve Kürklü, 1989; Boulard ve ark. 1996; Scarascıa Mugnozza ve ark. 2001; Yağcıoğlu 2005; Ganguly ve Ghosh 2011; Singh ve ark. 2022; Zhang ve ark. 2022).

Gün ışığı sonucu, serada ısınma başlar. Sera ısınmasını gün içinde yükselmesi, sera iskelet ve örtü malzemesi, üretimi yapılan bitki ve sulama şekli ve sıklığı, gibi faktörler ısıyı absorbe ettiği için, seranın o anki görülen

sıcaklığa etkilidir. Bu sıcaklık sonucu, seradaki nem miktarı, CO_2 miktarı da değişmektedir. Havalandırmanın verimli ve yeterli olmaması, seradaki sıcaklık, nem ve CO_2 dengesinin sağlanmamasına yol açarak, bitkide hastalık ve zararlıların artmasına neden olur (Günay, 1980; Özmerzi, ve Kürklü, 1989; Boulard ve ark. 1996; Scarascıa Mugnozza ve ark. 2001; Yağcıoğlu 2005; Ganguly ve Ghosh 2011; Singh ve ark. 2022; Zhang ve ark. 2022).

Sera inşaatı sırasında, sera iç kısımda hava ve ısı kaybının olmamasına dikkat edilerek, sera iskelet ve örtü malzemeleri arasındaki bağlantılar sağlam olmalıdır. Bu nedenle sera iskeletinin temele ve örtü malzemesine bağlantıları sağlam olmalıdır. Bunun dışında seranın şeklide önemlidir.

Seranın, blok sera, tek sera, üçgen çatılı, gotik sera veya yarım daire şeklindeki çatılı seraların, havalandırma ünitesine etkisi farklıdır. Bu seraların her birinde havalandırma ünitesinin bulunma yeri ve büyüklüğü farklıdır. Bunun dışında yüksek tünel ve alçak tünellerde de havalandırma üniteleri bir birinden farklıdır (Günay, 1980; Özmerzi, ve Kürklü, 1989; Boulard ve ark. 1996; Scarascıa Mugnozza ve ark. 2001; Yağcıoğlu 2005; Ganguly ve Ghosh 2011; Singh ve ark. 2022; Zhang ve ark. 2022).

Sera da cam örtü malzemesi, örtü malzemeleri içinde dış ortam ile sıcaklık farkı en fazla olan malzemedir. Polietilen örtü malzemeleri ise dış ortamla sıcaklık farkı en az olan örtü malzemesidir. Bu örtü malzemeleri, sıcak günlerde sera içinin sıcaklığını dış ortama göre daha fazla arttırırken, kapalı günlerde (güneş ışığının net görülmediği gün) ve düşük sıcaklarda (5 ^{0}C'nin altında) sera iç sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığı arasındaki fark örtü malzemesine bağlı olarak azalmaktadır. Örneğin kapalı günlerde dış ortam sıcaklığı 3-4 ^{0}C ise polietilen örtülü sera sıcaklığı 5- 6 ^{0}C, cam örtülü sera sıcaklığı ise 8-11 ^{0}C' ye kadar çıkabilir. Bu nedenle serada üreteceğimiz bitkinin seçimini yaparken, üretim yapacağımız dönem ve kullanılan örtü malzemesi çok önemlidir. Çünkü örtü malzemesi, serin iklimi seven bitkilerde don ve üşüme zararını önlerken, sıcak iklimi seven bitkilerde ise aynı sıcaklık

don veya üşüme zararı olarak görülür. Bu durum yüksek sıcaklıklarda da benzerdir. Serin iklim seven bitkiler, 25 ^{0}C den sonra ve gün uzunluğuyla birlikte zarar görürken veya sapa kalkarken, sıcak iklimi seven bitkiler ise 35 ^{0}C den sonra zarar görmeye başlar. Örnek verecek olursak, marul, tere, roka, gibi kısa gün ve serin iklim sebzeleri 22 ^{0}C' de ve 9 saat gün ışığında sapa kalkar ve pazar değeri biter. Bu aşamadan sonra artık tohum oluşmaya başlayacağı için, tohumluk bitki olarak ayrılır. Domates, biber, hıyar, fasulye gibi sıcak iklim sebzeleri ise 35 ^{0}C ve 15-16 saat gün uzunluğunda zara görmezler. Bu bitkiler 32-35 ^{0}C' de metabolizma yavaşlarken 35 ^{0}C' den sonra yüksek sıcaklık zararları görürken, 5 0C'de sonra ise bitkilerde soğuk (üşüme) zararı görülür. Bu nedenle üretim yapılan bitkinin hangi dönemde daha verim ve kaliteli olacağını bilmek lazım. Bu üretim döneminde sera içindeki sıcaklık, nem ve CO_2 dengesini sağlamak için doğru bir havalandırma gerekir (Günay, 1980; Özmerzi, ve Kürklü, 1989; Boulard ve ark. 1996; Scarascıa Mugnozza ve ark. 2001; Yağcıoğlu 2005; Ganguly ve Ghosh 2011; Singh ve ark. 2022; Zhang ve ark. 2022).

Havalandırma ünitelerinin, seranın doğru yerinde yapılması ve doğru zamanda devreye sokulması ürün verim ve kalitesini etkilemektedir. Doğru bir havalanma, tozlanma ve döllenmeyi de etkilemektedir. Hafif şiddetli hava akımı polenlerin taşınmasını sağlarken, dişicik tepesi ve polen canlılığı üzerine de olumlu etki yapmaktadır. Hava akımı bitki arasında sıkışan nem ve sıcaklıkları da dağıtarak bitkilerin zara görmesini engeller.

Seralarda doğal ve zorlamalı hava sistemleri bulunur. Bu sistemler özellikle büyük seralarda, çok miktarda ürün üretilen seralarda, doğal havalandırma sistemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda, zorlamalı havalandırma sistemleri devreye konulur. Küçük seralarda, yüksek tünel ve alçak tünellerde, doğal havalandırma üniteleri çoğunlukla yeterlidir.

Doğal Havalandırma

Seralarda doğal havalandırma, sera çatı kısmında ve sera yan duvarlarında bırakılan havalandırma pencereleri veya havalandırma bloklarıdır. Bunun yanında sera kapısının açık bırakılması da havalandırmadır. Islah ve çeşit koruma çalışmalarında, sera havalandırmalarına tül veya sineklik gibi, herhangi bir polen, böcek veya rüzgarla taşınan tozların seraya girmesini engelleyecek boyuttaki delikli tüller kullanılır.

Çatıdan yapılan havalandırmada, seradaki çatı kısmına yükselen nem ve sıcaklıkların, havalandırmanın açılmasıyla dış ortama çıkması şeklinde olur. Sadece çatı kısmında havalandırma yapılmışsa, sera iç sıcaklık, nem ve CO_2 dengelenmesi az veya yetersiz olur. Bu nedenle çatı havalandırmanın yanında sera yanlarındaki havalandırmanın açılması gerekir. Çatı ve yanlardaki havalandırmanın birlikte açılması, serada hava akımı oluşturacağı için, nem, sıcaklık ve CO_2 dengesi düzenlenir (Günay, 1980; Özmerzi, ve Kürklü, 1989; Boulard ve ark. 1996; Scarascıa Mugnozza ve ark. 2001; Yağcıoğlu 2005; Ganguly ve Ghosh 2011; Singh ve ark. 2022; Zhang ve ark. 2022).



Şekil 1 Cam seranın çatıdan havalandırılması (Anonim 1 2025)



Şekil 2 Polietilen ve polikarbonat seraların çatıdan havalanması (Anonim 2 2025)



Şekil 3 Cam örtülü blok seraların çatıdan havalanması (Anonim 3 2025)



Şekil 4 Polietilen ve polikarbonat blok seraların çatıdan havalanması (Anonim 4 2025)



Şekil 5 Polietilen örtülü seraların yanlardan havalanması (Anonim 5 2025)



Şekil 6 Cam ve polikarbonat seraların yanlardan havalanması (Anonim 6 2025)

Zorlamalı Havalandırma

Zorlamalı havalandırmada vantilatör, aspiratör, sera klima ünitelerinin sera iç kısmına ve sera yan kısımlarına kurularak yapılır. Zorlamalı hava sistemleri özellikle blok seralarda, 1 dönüm ve 1 dönümden fazla alana sahip seralarda kullanılması yaygındır. Bu gibi büyük ve blok seralarda doğal havalandırma sistemleri yetersiz kaldığı için zorlamalı havalandırma üniteleri zorunlu hale gelmektedir (Günay, 1980; Özmerzi, ve Kürklü, 1989; Boulard

ve ark. 1996; Scarascıa Mugnozza ve ark. 2001; Yağcıoğlu 2005; Ganguly ve Ghosh 2011; Singh ve ark. 2022; Zhang ve ark. 2022).

Vantilatör ve fan sistemlerinde çalışma şekli, seradaki havayı, sera içinde hareket kazandırarak, bitkiler arasında ve seranın her noktasında hava akımı oluşturmaktır. Bu işlemde hava hareketinin bitkilere zarar verecek şiddette olmaması gerekir. Bu sistemde, vantilatöre yakın bitkilerin zarar görmemesine dikkat edilmelidir (Günay, 1980; Özmerzi, ve Kürklü, 1989; Boulard ve ark. 1996; Scarascıa Mugnozza ve ark. 2001; Yağcıoğlu 2005; Ganguly ve Ghosh 2011; Singh ve ark. 2022; Zhang ve ark. 2022).

Aspiratör sistemi, seranın yan duvarlarına asılarak sera içindeki havanın dışarı atılması şeklinde olur. Bu sistemde seraların çatı ve yan tarafındaki havalandırmanın açık olması gerekir. Bu sistem, vantilatör kadar etkili kullanılmamaktadır.

Serada klima sistemleri, seranın yan tarafına kurulur. Seranın iç kısmındaki sıcaklığın düşürüleceği gibi, soğuk olan sonbahar ve kış aylarında ısıtma amaçlıda kullanılır.



Şekil 7 Çatıya monte edilen fan sistemi (Anonim 7 2025)



Şekil 8 Sera yanlarına yerleştirilen fan sistemi (Anonim 8 2025)



Şekil 9 Sera yanlarına kurulan klima sistemi (Anonim 9 2025)

SONUÇ

Seralarda bitki üretim dönemlerinde, sera içi sıcaklığı gün aydınlanmasıyla belirli bir sıcaklık, nem ve CO_2 oluşmaktadır. Serada oluşan sıcaklık, nem ve CO_2 dengelenmesinin yapılması sağlıklı bir üretim için gereklidir.

Seradaki doğal havalandırma sistemi dediğimiz, sera çatı ve sera yanlarına bırakılan havalandırmalarla, seradaki sıcaklık, nem ve CO_2 dengelenmektedir. Doğal havalandırmalar küçük seralarda yeterli olurken, 1 dönüm ve 1 dönümden fazla olan seralarda yetersiz kalmaktadır. Bu

durumlarda zorlamalı havalandırma sistemi olan vantilatör, aspiratör ve sera klima sistemleri kullanılmaktadır.

Seralarda doğal ve zorlamalı havalandırma sonucunda, seralarda sıcaklık, nem ve CO_2 oranları dengelenmiş olur. Bunun yanında serada üretim yapılan bitki aralarında hava hareketi oluşturularak, sağlıklı bir üretim yapılmaktadır. Bunun yanında serada oluşturulan hafif bir hava hareketi, sıcaklık ve nem kontrolü, tozlanma ve döllenmeyi de olumlu etkilemektedir.

Seralarda doğru uygulanan havalandırma sistemi, serada sağlıklı bir üretim olmasını sağlamaktadır. Bunun sonucunda sağlıklı, kalitesi ve verimi yüksek ürün elde edilmektedir.

KAYNAKLAR

Anonim 1 http://www.modernsera.com/sera-sistemleri/

Anonim 2 https://ihouses.decorexpro.com/tr/ventilyaciya

Anonim 3 https://esular.com/sera-havalandirma-sistemleri

Anonim 4 https://www.sdksera.com/seralar-hakkinda-bilinmesi

Anonim 5 http://www.bhkgroups.com/sera-naylonu-h.html

Anonim 6 https://usgr.com/images/ventilation/side_vent_outside

Anonim 7 https://www.ulmaagricola.com/tr/seralar/ekipmanlar

Anonim 8 https://www.serasan.com.tr/iklim-kontrol-sistemleri

Anonim 9 https://www.agroantaliye.com/page/36/sera-sogutma

Boulard, T., Meneses, J. F., Mermier, M., & Papadakis, G. (1996). The mechanisms involved in the natural ventilation of greenhouses. Agricultural and forest meteorology, 79(1-2), 61-77.

Ganguly, A., & Ghosh, S. (2011). A review of ventilation and cooling technologies in agricultural greenhouse application. Iranica Journal of Energy & Environment, 2(1), e64325.

Günay A, 1980. Serler. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi yayınları Ankara.

Özmerzi, A., Kürklü, A., 1989. Seralarda havalandırma yöntemleri ve zorunlu havalandırma sistemlerinin hesaplanması. Akdeniz Üniversitesi ziraat Fakültesi Dergisi 2(29, 101-120

Scarascıa Mugnozza, G., Mistriotis, A., & Picuno, P. (2001). Greenhouse natural ventilation: review of numerical methods and analysis of ventilation efficiency. Rivista di Ingegneria Agraria, 1, 11-19.

Singh, M. C., Sharma, K. K., & Prasad, V. (2022). Impact of ventilation rate and its associated characteristics on greenhouse microclimate and energy use. Arabian Journal of Geosciences, 15(3), 288.

Yağcıoğlu A. 2005 Sera Mekanizasyonu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları İzmir.

Zhang, J., Zhao, S., Dai, A., Wang, P., Liu, Z., Liang, B., & Ding, T. (2022). Greenhouse natural ventilation models: how do we develop with Chinese greenhouses?. Agronomy, 12(9), 1995.

BÖLÜM 12
SEBZE GENETİK KAYNAKLARI: BİYOÇEŞİTLİLİK, İNSAN SAĞLIĞI VE BESLENME BAKIMINDAN ÖNEMİ

Doç. Dr. Halil İbrahim ÖZTÜRK[18]

[18] Vocational School of Health Services, Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan 24002, Türkiye ORCID:0000-0002-8977-0831 Email:hiozturk@erzincan.edu.tr

GİRİŞ

Bitki genetik kaynakları son yıllarda araştırmalarda dikkat çeken konuların başında gelmektedir. İklim değişikliği ve buna bağlı olarak biyotik ve abiyotik şartlara uyum sürecinde, bitki genetik kaynakları, artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılamak için gıda güvenliği bağlamında önemini daha da hissettirmektedir. Dünya'da insan nüfusunun büyük bir kısmı kırsal alanda yaşamını sürdürmekte olup, beslenme açısından sebzeler hayati önem taşımaktadır. Dünya'da sebze üretim alanları dikkate alındığında, sebze genetik kaynakları bakımından Dünya'nın muazzam bir potansiyele sahip olduğu aşikardır. Bu muazzam hazine gıda ve beslenme güvenliği açısından geleceğin sigortasını oluşturmaktadır. Sebze genetik kaynaklarının korunması bu bağlamda önem taşımaktadır. Ülkelerin kendi sebze kaynaklarını tanımlanması, toplaması, koruması, belgelemesi ve onları kullanıma sokması önemli bir konudur. Farklı ülkelerde sebze genetik kaynakları bu nedenle koruma altına alınmışlardır. Bitki ıslahı açısından da sebze genetik kaynakları paha biçilemez bir hazine durumundadır. Küresel bazda sebze genetik kaynaklarına olan ilgi, ülkeleri genetik kaynakları değerlendirme noktasında uyumlu bir sürece itmiştir. Dünyada farklı kıtalarda yerli ve egzotik kökenli sebze genetik kaynak çeşitliliği açısından bir zenginlik söz konusu olup, sebze genetik kaynakları hakkındaki bilgiler, pasaport verileri, koruma verileri, karakterizasyon/değerlendirme katalogları ve sebzelerin yerel kullanımına dair bilgiler aracılığıyla sağlanarak bu faaliyetlerin daha da güçlendirilmesi sağlanmaktadır.

SEBZELER VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Bahçe bitkileri içerisinde önemli bir grup olan sebzeler, tüketilen kısımlarına göre oldukça farklılık göstermektedir. İklimsel olarak serin iklim ve sıcak iklim sebzeleri olarak 2 ana grupta incelenen sebzeler, yenilen kısımlarına göre (yaprakları, meyveleri, tohumları, sapları, çiçekleri, kökleri

vs.) daha geniş bir dağılım ile temsil edilmektedir. Son yirmi yılda bu gruplara yerli (geleneksel) ve egzotik sebzeler olarak adlandırılan gruplar da eklenmiş olup, yerli ve egzotik sebzeler serin veya sıcak iklim sebzeleri gruplarında yer alabileceği gibi, yenilen kısımlarına göre sınıflandırılan sebzeler arasında da bulunmaktadır (Keding vd. 2009; Siegel vd. 2014; Bera vd. 2023; Obossou vd. 2025).

Son yıllarda sebzeler ve insan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda yapılan yoğun araştırmalarla, sebzelere ve sebze ürünlerine olan talep artış göstermiştir. Sebzeler, meyveler ile birlikte sağlıklı beslenmenin önemli bileşenleridir. Az meyve ve sebze tüketimi, sağlık sorunları ve bulaşıcı olmayan hastalık riskinin artmasıyla bağlantılıdır. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre, 2017 yılında dünya çapında tahmini 3.9 milyon ölüm, yetersiz meyve ve sebze tüketiminden kaynaklanmıştır (WHO, 2019). Meyve ve sebzeleri günlük beslenmenin bir parçası olarak tüketmek, kardiyovasküler hastalıklar ve bazı kanser türleri de dahil olmak üzere bazı bulaşıcı olmayan hastalık riskini azaltabilir. Yağ, şeker ve tuz/sodyum oranı düşük sağlıklı bir beslenmenin parçası olarak tüketildiğinde, meyve ve sebzelerin kilo alımını önlemeye ve bulaşıcı olmayan hastalıklar için bağımsız bir risk faktörü olan obezite riskini azaltmaya yardımcı olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, meyve ve sebzeler vitamin, mineral, diyet lifi ve bitki sterolleri ve flavanoidler olmak üzere, birçok faydalı besin dışı madde açısından zengin kaynaklardır ve çeşitli meyve ve sebzelerin tüketilmesi, bu temel besinlerin çoğunun yeterli miktarda alınmasını sağlamaya yardımcı olur. Ayrıca hücrelerimizi hasardan korumaya yardımcı olabilecek antioksidan adı verilen doğal kimyasal bileşikler açısından da zengindirler (Stanaway vd. 2022; Alemu, 2024; Devirgiliis vd. 2024).

Sebzeler pazarda sadece taze olarak bulunmamakta, son yıllarda teknolojik gelişmelerin ışığında işlenmiş sebzeler olarak gıda endüstrisinin hızla büyüyen bir segmentini oluşturmakta ve birçok ülkenin küresel ticaret

ve ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır (Juszczak-Szelagowska vd. 2025).

Sebzelerin besin değeri ve çeşitli sağlık yararları nedeniyle sebzeleri beslenmelerine dahil eden sağlık bilincine sahip tüketicilerin sayısı da hızla artmaktadır. Botanik ve organoleptik olarak çeşitli sebzeler öncelikle bölgesel ve mevsimsel bazda yetiştirilmektedir. Kolay bozulabilen yapıları nedeniyle, üretim, hasat sonrası işleme ve koruma yöntemleri arayışı da devam etmektedir (Gębczyński vd. 2024; Jia vd. 2025).

Sebzeler, çok çeşitli cins ve türlerden oluşur ve sağlıklı bir beslenmenin önemli bir bileşeni olup, aynı zamanda birçok sıradan temel yemeğin çeşitliliğini, lezzetini ve tadını artırırlar. Geniş kullanım alanları nedeniyle, sebze olarak tüketilen bitkileri bazen ticari ürün grubuna dahil etmek zordur. Çoğunlukla kuru tohumları için yetiştirilen bazı baklagil bitkileri, Asya ve Afrika'da yaygın olduğu gibi, olgunlaşmamış aşamada tohum, yeşil bakla ve/veya yaprak olarak hasat edilip tüketildiğinde önemli sebze bitkileridir. Bu durum, maş fasulyesi (*Vigna radiata*), Azuki fasulyesi (*Vigna angularis*) ve börülce (*Vigna unguiculata*) gibi ürünler için de geçerlidir. Manyokun (*Manihot esculenta*) nişastalı kökü bu ürünün temel kullanım alanını oluştursa da, manyok yaprakları birçok Afrika ülkesinde yaygın olarak kullanılan yapraklı bir sebzedir; dolayısıyla bu ürün de kısmen sebze kategorisine girer (Borku, 2025).

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE SEBZE ÜRETİMİNİN DİNAMİKLERİ

Bahçe Bitkileri içerisinde çeşitlilik bakımından en önemli grubu sebzeler oluşturmaktadır. Birçok kıtada yerel olarak çok dar alanlarda yetiştirilen, fakat Dünya genelinde hala tanınmayan veya bilinmeyen yerel sebzeler bulunmaktadır. Dünya genelinde kırsal alanlar başta olmak üzere 10.000'den fazla bitki türü sebze olarak tüketilmektedir. Bu türler farklı

kıtalarda bulunmakta ve bazen aynı sebze türü farklı isimlerle de anılmaktadır. Bununla birlikte tüm Dünya'da ticarette önem taşıyan ve iyi bilinen sebze türlerinin sayısı 50 civarında olup (Decoteau, 2020), bunların tamamına yakını hatta daha fazlası ülkemizde de yetiştirilmekte ve bilinmektedir. Ülkemizde yoğun yetiştirilen ve ticareti yapılan sebze türü sayısı ise TÜİK verilerine göre 54' tür (TÜİK, 2022).

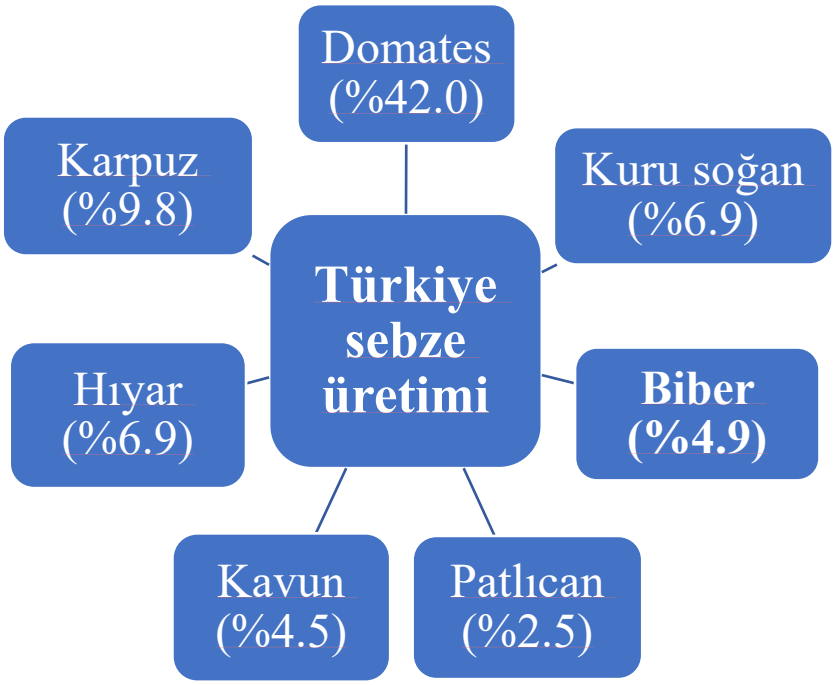
Üç tarafı denizlerle çevrili, kendi içerisinde çok farklı yükseltilere ve mikroklima alanlara sahip olan Türkiye, Dünya sebze yetiştiriciliğinde çok önemli iklimsel ve ekolojik avantajlara sahiptir (Alas ve Akalp, 2023). Bu avantajlara Anadolu'nun geçmişten günümüze kültürler arasında bir geçiş noktası olduğu da eklendiğinde, önemi daha da iyi anlaşılabilmektedir.

2022 yılı FAO rakamları incelendiğinde, Dünya'da 58.000.000 hektar sebze üretim alanı olup, 1.1 milyar ton sebze üretimi gerçekleştirilmiştir (FAOSTAT, 2022). Çin 594 milyon ton yaş sebze üretimi ile Dünya'da lider ülke olup, bu ülkeyi sırasıyla Hindistan (141 milyon ton), ABD (33 milyon ton), Türkiye (26 milyon ton), ve Vietnam (17 milyon ton) izlemektedir (FAOSTAT, 2022). Bu 5 ülke Dünya toplam sebze üretiminin %70' ini sağlamaktadır.

Dünya genelinde sebze üretiminde domates 186 milyon ton ile en çok üretilen ürün olmuştur. Domates üretiminde Çin Halk Cumhuriyeti (68 milyon ton) en çok üretim yapan ülke olurken, ikinci sırada Hindistan (21 milyon ton), üçüncü sırada Türkiye (13 milyon ton) ve dördüncü sırada ABD (10 milyon ton) yer almıştır. Dünya genelinde domatesten sonra sebzeler içerisinde üretimi en çok yapılan ürün karpuz'dur (101.6 milyon ton). Karpuz üretiminde Dünyada önde gelen ülkeler sırasıyla Çin (60.8 milyon ton), Türkiye (3.4 milyon ton) ve Hindistan (3.2 milyon ton)' dır. Çin, Dünya karpuz üretiminin %60'ını karşılamakta, Türkiye ise %3.3 oran ile ikinci sırada yer almaktadır.

Son 5-6 yılda sebze sektörü için iç açıcı olmayan gelişmeler yaşanmış olup, Covid-19 pandemisi, aşırı hava olayları, üreticilerin hızla artan maliyetleri ve zorlu lojistik koşulları, sektörü etkileyen faktörlerden sadece birkaçı olarak karşımıza çıkmaktadır. 2021'deki dikkat çekici derecede yüksek küresel ticaret ve tüketici sebze fiyatlarındaki iniş çıkışlar söz konusu olmuştur. Meksika, İspanya ve Hollanda, taze sebze sektöründe önemli ihracatçılar olmaya devam ederken, Türkiye ve Polonya gibi ülkeler hem taze hem de işlenmiş sebzelerin daha büyük üreticileri ve ihracatçıları haline gelmektedir. Küresel sebze üretimi yıllık %1.2 gibi daha yavaş bir oranda artmıştır. Özellikle, AB ve ABD'de 2017-2022 döneminde sırasıyla yıllık %3.6 ve %3.3 oranında üretim düşüşü yaşanmıştır.

Türkiye'de üretimi yapılan sebzeler içerisinde toplam üretimde %42'lik payı ile ilk sırada domates yer almaktadır. Domatesi sırasıyla %9.8 ile karpuz, %7.4 ile kuru soğan, %6.9 ile hıyar, %4.9 ile biber, %4.5 ile kavun ve %2.5 ile patlıcan izlemiştir (Şekil 1). Bu 7 sebze türü toplam sebze üretimimizin %77'sini oluşturmaktadır. TÜİK (2022) verilerine göre en az üretimi yapılan sebzeler ise kudret narı, pepino, kuşkonmaz, kereviz (sap), şalgam, lahana (brüksel), turp (beyaz), pazı, tere, dereotu, kırmızı pancar ve semizotu'dur.



Şekil 1. Türkiye'de üretilen başlıca sebzeler ve oranları

SEBZE GENETİK KAYNAKLARI VE SEBZE ISLAHINDA ÖNEMİ

Sebze ıslahı, verim, renk, şekil, besin değeri, tat, ürünün hasat aşaması, kalite sorunları ve yıl boyunca taze ürün tedarikine yönelik bölgeye özgü talep nedeniyle zorlu ve karmaşık bir süreçtir. Uzmanlaşmış bilgi, ileri teknoloji kullanımı, genetik kaynakların mevcudiyeti ve bu kaynakları etkili bir şekilde kullanmak için yeterli sermaye, daha yenilikçi ıslah için ön koşuldur.

Tablo 1' de bazı önemli sebze türlerinin mega gen merkezleri, birincil köken ve evcilleştirme merkezi ve ikincil merkezleri verilmiştir. Tablo 1'de ifade edildiği gibi, Dünyadaki farklı kıtalarda bulunan alanlar mega gen

merkezleri, birincil köken ve evcilleştirme merkezi ve ikincil merkezleri oluşturarak Dünya geneline yayılan bir dağılım sergilemişlerdir.

Sebzecilikte belirli koşullara uyum sağlayabilen, yüksek verimli ve aynı zamanda üstün besin değerine sahip çeşitlerin eldesi büyük önem taşımaktadır. Bu özellikler de ancak etkili genetik kaynakların ıslah çalışmalarında kullanılmasıyla mümkün olabilmektedir. Geleneksel ıslah yöntemleri, seleksiyon, kitlesel seleksiyon, saf hat seleksiyonu, geri melezleme ve melezleme ıslahı gibi stratejilere dayanmakta olup, melezleme ıslahı heterosis etkisinden faydalanan bir tekniktir. Genomik çalışmalarda, moleküler belirteçler, genom çapında ilişki çalışmaları ve yeni nesil dizileme gibi gelişmiş teknikler, istenen özelliklerin belirlenmesini ve seçilmesini kolaylaştırarak besin kalitesini artırır. Gen transfer yöntemleri ve CRISPR/Cas9 dahil olmak üzere biyoteknolojik yaklaşımlar, belirli genlerin tanıtılmasıyla sebze kalitesini iyileştirebilir (Singh vd. 2023).

Tablo 1. Bazı önemli sebze türlerinin birinci ve ikincil gen merkezleri (Rajasekharan, 2019)

Mega gen merkezi	**Birincil köken ve evcilleştirme merkezi**	**İkincil merkezler**
Çin-Japon	Patlıcan, kabaklar, Çin lahanası, soğan	Karpuz, amarant
Hint-Çin	Hıyar, kabaklar, taro, yam, fasulye	Hıyar, amarant, şallot, fasulye
Hindistan	Patlıcan, kabaklar, hıyar, bamya	Karpuz, kavun, amarant, su kabağı
Orta Asya	Soğan, sarımsak, ıspanak, kavun, havuç	Patlıcan, karpuz, karnabahar
Yakın Doğu	Soğan, sarımsak, pırasa	Bamya
Akdeniz	Lahana, karnabahar, brokoli, fasulye, turp	Tatlı biber, sarımsak, bamya
Afrika	Patlıcan, karpuz, kavun, bamya, su kabağı	Soğan, amarant, şallot, lima fasulyesi
Avrupa-Sibirya	Marul, ıspanak	Soğan, fasulye, havuç, lahana, karnıbahar
Güney Amerika	Domates, biber, kabak, fasulye	Fasulye
Orta Amerika, Meksika, Kuzey Amerika	Domates, biber, tatlı patates, amarant, kabaklar, fasulye	Domates, patlıcan, biber, kavun, karpuz, biber, soğan, marul, fasulye, bamya

Domates, biber, patlıcan, kuru soğan, karpuz ve hıyar gibi önemli sebzelerde temel (genel) ıslah amaçları Tablo 2'de verilmiştir. Toplam üretimin kalitesini ve miktarını iyileştirmeyi temel hedefi olarak belirleyen sebze ıslahı, ekonomik açıdan önemli özellikleri (verim artışı, hastalık ve zararlılara karşı direnç ve besin içeriğinin iyileştirilmesi) iyileştirilmiş yeni sebze çeşitleri geliştirme sürecidir. Dahası, tüketicilerin güvenli ve sağlıklı gıda talebi, kentleşme ve süpermarket zincirlerinin ortaya çıkışı dünya çapında değişimleri yönlendirmektedir. Bu değişimler, sebzelerin çeşitliliğini ve bulunabilirliğini artırmanın yanı sıra üretim ve teslimat sistemlerini de iyileştirmiştir. Ayrıca, taşınması daha kolay ve raf ömrü daha uzun olan sebzelere olan talep de artmaktadır (Behera vd. 2023).

Tablo 2. Domates, biber, patlıcan, kuru soğan, karpuz ve hıyar'da genel ıslah amaçları (Behera vd. 2023)

Tür	Genel ıslah amaçları	Biyotik ve abiyotik stres dayanımı	Verim, kalite ve diğer özellikler
Domates	Melez ıslahı, introdüksiyon, saf hat seleksiyonu, geriye melezleme	**Biyotik**: Fusarium solgunluğu, Verticillium solgunluğu, geç yanıklık, erken yanıklık, Septoria yaprak lekesi, antraknoz, bakteriyel solgunluk, bakteriyel kanser, domates sarı yaprak kıvrılma virüsü, kök ur nematodu, meyve kurdu, beyaz sinek **Abiyotik**: Sıcaklık, kuraklık, soğuk/don, tuz, herbisit	Sera üretimi için erkencilik, verim, Taze domates: İyi sertliğe, raf ömrüne, tek tip meyve büyüklüğüne ve şekline sahip, dış kusurlardan ari, iri ve yuvarlak meyve. İşlenebilir domates: Koyu kırmızı, pH< 4,4, yüksek TSS (4.5-7.0)
Biber	Melez ıslahı, introdüksiyon, saf hat seleksiyonu, geriye melezleme	**Biyotik**: Meyve çürümesi, Cercospora yaprak lekesi, külleme, bakteriyel yaprak lekesi, tütün mozaik virüsü, Phytophthora kök çürümesi, yaprak bitleri, akarlar, meyve kurdu **Abiyotik**: Sıcaklık, kuraklık, tuzluluk	**Dolmalık biber**: Basık veya yuvarlak meyve, hoş bir tat, yüksek şeker/asit oranı, yüksek pigment içeriği ve C vitamini **Acı biber**: Yüksek verim, erkencilik, uzun meyve, yüksek kapsaisin, yüksek oleoresin içeriği
Patlıcan	Melez ıslahı, introdüksiyon, saf hat seleksiyonu, geriye melezleme	**Biyotik**: Bakteriyel solgunluk, phomopsis yanıklığı, küçük yaprak, sürgün ve meyve kurdu, böcekler **Abiyotik**: Sıcaklık	Yüksek verim, erkencilik, meyve şekli, büyüklüğü, rengi, düşük solanin içeriği, dik büyüme, yumuşak meyve eti
Kuru soğan	Popülasyon iyileştirme, melez ıslahı, geri melezleme	**Biyotik**: Mor leke, dip kökü, gövde psyllium yanıklığı, bakteriyel depo çürümesi, tütün yaprak biti **Abiyotik**: Kuraklık, sıcaklık, tuzluluk	Daha uzun dormansi ve depolama ömrü, ince boyunlu soğan, düzgün soğan rengi, boyutu ve şekli, yüksek TSS, keskin tat, daha geniş adaptasyon yeteneği
Karpuz	Melez ıslahı, geriye çaprazlama, pedigre metodu	**Biyotik**: Virüs, Fusarium solgunluğu, antraknoz, külleme, hıyar yaprak biti, meyve sineği, hıyar böceği, kırmızı kabak böceği **Abiyotik**: kuraklık, soğuk, tuzluluk	Erkencilik, düşük boğum sayısında dişi çiçekler, daha uzun mesafeli taşıma için sert kabuklu meyveler, TSS (> %10)

			daha küçük ve daha az çekirdekli, çekici koyu kırmızı etli meyveler sert etli, uzun ve yuvarlak arasında orta meyve şekli, yüksek verim
Hıyar	Popülasyon iyileştirme, melez ıslahı, geri melezleme	**Biyotik**: Külleme, mildiyö, antraknoz, hıyar mozaik virüsü ve meyve sineği **Abiyotik**: Kuraklık, soğuk, tuzluluk	Erkenci, yüksek dişi-erkek cinsiyet oranı, çekici ve pürüzsüz meyve yüzeyi, uzun ve silindirik meyve şekli, acılık içermeyen, eğri boyun ve karpel ayrımı, az ve yumuşak çekirdekli

Sebzecilikte son yıllarda genel ıslah amaçları yanında özel ıslah amaçları da ön plana çıkmıştır. Özel ıslah çalışmalarında sebzelerin içerdikleri renk maddelerini (pigmentleri), çeşitli vitaminleri ve mineralleri geliştirmek ve besin karşıtı özellikleri azaltmak için genetik modifikasyonlara odaklanarak, kontrollü yetiştiricilik altında çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalar klasik ıslah yanında, modern ıslah stratejilerini de kapsamaktadır. Transgenik yaklaşımlar ve CRISPR/Cas9 gibi biyoteknolojik teknikler, zeaksantin açısından zengin domatesler geliştirmek ve patlıcanlardaki β-karoten içeriğini artırmak için kullanılmaktadır (Natalini vd. 2021). Sebzecilikte kullanılan diğer bir ıslah amacı da işleme endüstrisi amacıyla yapılmakta ve işleme endüstrisindeki çalışmalar, genetik alanındaki teknolojik gelişmeler, hastalık ve böcek direnci genetiği bilgi ve uygulamalarındaki ilerlemeler, F1 hibritlerinin geliştirilmesi, mekanizasyondaki artışlar ve diğer birçok faktörden etkilenmiştir. Bu alanlardaki çalışmalar, üstün işleme özelliklerine sahip sebze çeşitlerinin geliştirilmesine yol açmış olsa da, çözülmesi gereken birçok sorun bulunmaktadır. Sebze ıslahında uzun yıllardır üzerinde durulan hastalık ve böcek direnci, özellikle germplazm kaynaklarının ve kimyasal mücadele yöntemlerinin sınırlarını düşünmeye başladığımız bu dönemde kritik bir ihtiyaç olmaya devam etmektedir. Mekanizasyona uygun çeşitlerin birçok ürün için geliştirilmeye devam edilmesi ve yetiştirme alanları genişledikçe ve ürün kültürü değiştikçe diğerleri için yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda, her ülke mevcut sebze

germplazmını yeni karakterler ve yeni hastalık ve böcek direnci kaynakları açısından değerlendirmektedir. Biyoteknoloji alanındaki gelişmeler, gelecekte işleme endüstrisi için geliştirilecek sebze çeşitlerinin ıslahı ve genetiği açısından muazzam bir potansiyele sahip olacaktır. Bu tekniklerin bazılarının ticari kullanımı artık belirli ürünler için mümkün hale gelmiştir (Liang and Gao, 2019; Kumar vd. 2020).

Yabani Akrabalar

Yabani akrabalar, evcilleştirilmiş ve yetiştirilmiş bitkilerin yabani akrabalarıdır. Bunlar genellikle köken merkezlerinde doğal formlarında bulunur ve korunurlar. Bunlar, yetiştirilen tüm türlerin atalarını içerir ve bitki ıslahında faydalı birçok önemli özellik için zengin bir çeşitlilik kaynağı oluştururlar (Binbir vd. 2024). Yabani akrabalar, genetik temellerin genişletilmesinde ve ekonomik özelliklerin bitkilere aktarılmasında önemli bir rol oynayabilir, ancak yetiştiriciler tarafından çeşit geliştirme programlarında doğrudan kullanılmaları, yetiştirilen türlerle çaprazlama veya kromozom introgresyon bariyerlerinin varlığı ve agronomik olarak istenmeyen alellerin yüksek frekansları nedeniyle genellikle avantajlı değildir. Yabani akrabalar, mevcut kültür çeşitlerinde bulunmayan genetik çeşitliliği sağlar. Bu yabani türlerdeki yeni genetik çeşitlilik, ıslahçıların tarımsal ürünlerin verimliliğini ve kalitesini artırmak için ihtiyaç duyduğu yapı taşları olabilir. Yabani akrabalar, gelecekteki ürün iyileştirmelerinin anahtarı olsada, yabani türler olarak doğal yaşam alanlarında değişimler olması durumunda kaybolabilirler. *Ex situ* gen bankası koleksiyonları, gelecek nesiller için yabani bitki akrabalarını koruma ve muhafaza etme fırsatı sunar (Abdallah vd. 2021; Kashyap vd. 2022). Domates özelinde düşündüğümüzde, evcilleştirme, kültür domateslerinin fenotipik çeşitliliğini artırmış olsa da seleksiyon ilerledikçe biyotik ve abiyotik streslere karşı dirençlerini daraltmış olabilir (Vu vd. 2020). Domatesin yabani akrabaları (Şekil 2), çeşitli hastalıklara ve böcek

zararlılarına karşı doğal direnç gösterir (Tablo 3). Kültür domateslerinin karşılaştığı birçok biyotik strese karşı genetik direnç kaynakları, tarihsel olarak kültür domates çeşitlerine direnç (R) genleri kazandırmak için kullanılan bazı yabani domates türleri olmuştur. Yabani domates türleri arasında biyotik direnç tepkisi için genetik çeşitlilik olduğu ve her tür içinde yalnızca birkaç türün direnç kaynağı olduğu belirlenmiştir (Ebert ve Schafleitner, 2015). Özel ıslah amaçları için de domateste yabani akraba türler kullanılmaktadır (Tablo 4).

Tablo 3. Domateste genel ıslah amacıyla kullanılan yabani akraba türler ve ıslah amaçları (Khazaei and Madduri, 2022)

Yabani tür	Islah amacı
Solanum pimpinellifolium	Fusarium solgunluğu, geç yanıklık, erken yanıklık, bakteriyel solgunluk, bakteriyel leke, gri yaprak lekesi, yaprak küfü, domates benekli solgunluk virüsü (TSWV) ve bakteriyel kanser
Solanum pennellii	Fusarium solgunluğu, alternaria gövde kanseri, bakteriyel leke, yabani böcekler yelpazesi
Solanum peruvianum	Domates sarı yaprak kıvrılma virüsü (TYLCV), domates mozaik virüsü (ToMV), domates benekli solgunluk virüsü (TSWV), kök-ur nematodları, Verticillium ve Fusarium solgunluğu
Solanum chilense	Domates sarı yaprak kıvrılma virüsü (TYLCV), domates benekli solgunluk virüsü (TSWV), bakteriyel kanser, külleme, gri küf
Solanum habrochaites	Geç yanıklık, yaprak küfü, Domates sarı yaprak kıvrılma virüsü (TYLCV), domates mozaik virüsü (ToMV), külleme, bakteriyel kanser, gri küf

Tablo 4. Domateste özel ıslah amacıyla kullanılan yabani akraba türler ve ıslah amaçları

Yabani tür	Islah amacı	Kaynak
Solanum lycopersicum var. *cerasiforme*	β-karoten içeriği	Leiva-Brondo vd. 2016
Solanum lycopersicum var. *cerasiforme*	Likopen içeriği	Leiva-Brondo vd. 2016
Solanum pimpinellifolium	C vitamini içeriği	Ibitoye vd. 2020
Solanum peruvianum	Likopen içeriği	Ibitoye vd. 2020
Solanum chilense	Antosiyanin	Blando vd. 2019
Solanum habrochaites	Fenol, flavanoid	Kavitha vd. 2014
Solanum pimpinellifolium	Na, K, Mg, Cu, Fe	Fernandez-Ruiz vd. 2011
Solanum habrochaites	K, Ca, Mg, Fe	Fernandez-Ruiz vd. 2011
Solanum cheesmaniae	Na, K, Ca, Cu, Fe, Zn	Fernandez-Ruiz vd. 2011



Şekil 2. Domateste ıslah çalışmalarında kullanılan yabani akraba türler

Sebze gen bankaları

Dünya'da ıslah ve araştırma amaçlı olarak korunan sebze genetik kaynakları aşağıda verilen kıtalarda önemli merkezlerde Dünya mirası olarak korunma altına alınmışlardır. Genetik kaynakların korunması, biyolojik çeşitliliğin korunması ve bitki ıslah programlarının desteklenmesi için hayati önem taşımaktadır. Dünya genelinde, farklı sebze türlerine dahil, yüzbinlerce sebze çeşidi, büyük gen bankalarında muhafaza edilmektedir. Bunlar arasında

Avrupa'da:

-Centre for Genetic Resources (CGN), Wageningen, Hollanda

-Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK), Gatersleben, Almanya

-Science and Advice for Scottish Agriculture (SASA), Birleşik Krallık

-Warwick Genetic Resources Unit (WARGRU), Wellesbourne, Birleşik Krallık

-Aegean Agricultural Research Institute (ETAE), Menemen, İzmir, Türkiye

Asya'da:

-World Vegetable Center (WVC), Taiwan

-Institute of Crop Germplasm Resources (ICGR), Beijing, Çin (>2.000 accessions)

-National Institute of Agrobiological Resources (NIAR), Tsukuba, Japonya (>1.000 accessions)

-National Gene Bank (NGB, NBPGR), New Delhi, Hindistan

-Institute of Plant Breeding (IPB), Los Baños, Filipinler

-Department of Agriculture, Bangkok, Tayland

Kuzey Amerika'da:

-USDA Plant Genetic Resources Unit (PGRU), Geneva, ABD

-Crucifer Genetics Cooperative, University of Wisconsin-Madison, ABD

Tayvan'da bulunan Dünya Sebze Merkezi (WVC) ve Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı, Tarımsal Araştırma Servisi gen bankaların da Dünya'nın sırasıyla ikinci ve üçüncü en büyük yabani domates

koleksiyonlarına sahiptir. Ancak, yabani domates koleksiyonlarının çoğu başlangıçta Kaliforniya'da bulunan TGRC koleksiyonundan elde edilmiştir. Domates Genetik Kaynak Merkezi (C.M. Rick TGRC, Kaliforniya Üniversitesi-Davis, ABD), 900'den fazla örnekle yabani domates koleksiyonlarının en büyük genetik stoklarına ev sahipliği yapmaktadır. Ayrıca, bu gen bankaları farklı yabani domates türlerinden türetilen geniş bir introgresyon hattı koleksiyonuna ev sahipliği yapmaktadır (Ebert ve Schafleitner, 2015).

KAYNAKLAR

Abdallah F, Kumar S, Amri A, Mentag R, Kehel Z, Amri MRK. (2021). Wild Lathyrus species as a great source of resistance for introgression into cultivated grass pea (*Lathyrus sativus* L.) against broomrape weeds (*Orobanche crenata* Forsk. and *Orobanche foetida* Poir). Crop Science, 61:263-276. https://doi.org/10.1002/csc2.20399.

Alas E, Akalp E. (2023). Türkiye sebze üretiminin durumu. Sağlıklı Yaşam ve Beslenme, 246-253.

Alemu TT. (2024). Nutritional contribution of fruit and vegetable for human health: A review. International Journal of Health Policy Planning, 3 (1):1-9.

Behera TK, Devi J, Tiwari JK, Singh BK. (2023). Vegetable Breeding: Status and strategies. Vegetable Science, 50 (Special Issue): 131-145. https://doi.org/ 10.61180/vegsci.2023.v50.spl.01.

Bera R, Seal A, Datta A, Barik AK. (2023). Organic cultivation of exotic & traditional vegetables under Inhana rational farming technology-a case study from west Bengal, India. International Journal of Research Publication and Reviews, 4 (6):964-982.

Binbir S, Kahraman A, Baytın T. (2024). Türkiye Sebze Genetik Kaynakları. Anadolu, 34 (Özel Sayı/Special Issue):36-41. https://doi.org/10.18615/anadolu.1430053.

Blando F, Berland H, Maiorano G, Durante M, Mazzucato A, Picarella ME, Nicoletti I, Gerardi C, Mita G, Andersen ØM. (2019). Nutraceutical characterization of anthocyanin-rich fruits produced by “Sun black” tomato line. Frontiers in Nutrition, 6:133. https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00133.

Borku AW. (2025). Cassava (*Manihot esculenta* Crantz): its nutritional composition insights for future research and development in

Ethiopia. Discover Sustainability, 6:404. https://doi.org/10.1007/s43621-025-00996-2.

Decoteau DR. (2000). Classifying vegetable crops. In: Vegetable Crops. NJ: Prentice Hall, pp. 32-38.

Devirgiliis C, Guberti E, Mistura L, Raffo A. (2024). Effect of fruit and vegetable consumption on human health: An update of the literature. Foods, 13(19):3149. https://doi.org/10.3390/foods13193149.

Ebert AW, Schafleitner R. (2015). Utilization of wild relatives in the breeding of tomato and other major vegetables. In Crop Wild Relatives and Climate Change, ed. Redden, R., Yadav, S. S., Maxted, N., Dulloo, M. E., Guarino, L., and Smith, P., (Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc), 141-172.

FAOSTAT. (2021). (Accessed on 1st September 2025). Food and agriculture data. Available online: http://www.fao.org/ faostat/en/ #home.

Fernandez-Ruiz V, Olives AI, Camara M, Sanchez-Mata, MC, Torija ME. (2011). Mineral and trace elements content in 30 accessions of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.,) and wild relatives (*Solanum pimpinellifolium* L., *Solanum cheesmaniae* L. Riley, and *Solanum habrochaites* S. Knapp & D.M. Spooner). Biological Trace Elements Research, 141:329-339. https://doi.org/10.1007/s12011-010-8738-6.

Gębczynski P, Tabaszewska M, Kur K, Zbylut-Gorska M, Slupski J. (2024). Effect of the drying method and storage conditions on the quality and content of selected bioactive compounds of green legume vegetables. Molecules, 29(8):1732. https://doi.org/10.3390/molecules29081732.

Ibitoye D, Kolawole A, Feyisola R. (2020). Assessment of wild tomato accessions for fruit yield, physicochemical and nutritional properties

under a rain forest agro-ecology. Genetic Resources 1:1-11. https://doi.org/10.46265/genresj.BJCV8100.

Jia H, Ren F, Liu H. (2025). Effects and improvements of storage conditions and processing on the bioaccessibility and bioavailability of phytochemicals in fruits and vegetables. International Journal of Food Science and Technology, 60 (1): vvae040, https://doi.org/10.1093/ijfood/vvae040.

Juszczak-Szelągowska K, Kowalczuk I, Olewnicki D, Kosicka-Gębska M, Stangierska-Mazurkiewicz D. (2025). Processing fruits and vegetables as a way to prevent their waste. Sustainability, 17(14):6610. https://doi.org/10.3390/su17146610.

Kashyap A, Garg P, Tanwar K, Sharma J, Gupta NC, Thu Ha PT, Bhattacharya RC, Mason AS, Rao M. (2022). Strategies for utilization of crop wild relatives in plant breeding programs. Theoretical and Applied Genetics, 135:4151-4167. https://doi.org/10.1007/s00122-022-04220-x.

Kavitha P, Shivashankara KS, Rao VK, Sadashiva AT, Ravishankar KV, Sathish GJ. (2014). Genotypic variability for antioxidant and quality parameters among tomato cultivars, hybrids, cherry tomatoes and wild species. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94: 993–999. https://doi.org/10.1002/jsfa.6359.

Keding GB, Krawinkel MB, Maass BL, Virchow D, Msuya JM. (2009). Consumption of traditional and exotic vegetables and their perceived and real contributıons to nutritional health in Tanzania. Acta Horticulturae, 806:209-217. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.806.25.

Khazaei H, Madduri A. (2022). The role of tomato wild relatives in breeding disease-free varieties. Genetic Resources, 3 (6): 64-73. https://doi.org/10.46265/genresj.PSES6766.

Kumar A, Sharma V, Jain BT, Kaushik P. (2020). Heterosis breeding in eggplant (*Solanum melongena* L.): Gains and provocations. Plants, 9(3):403. https://doi.org/10.3390/plants9030403.

Leiva-Brondo M, Valcarcel M, Martí R, Rosello S, Cebolla-Cornejo J. (2016). New opportunities for developing tomato varieties with enhanced carotenoid content. Scientia Agricola, 73: 512–519. https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0427.

Liang Y, Gao G. (2019). Design and analysis of automatic vegetable harvesting machine. Processing 2nd World Conference on Mechanical Engineering and Intelligent Manufacturing (WCMEIM*)*, Shanghai, China, pp. 287-290. https://doi.org/ 10.1109/WCMEIM48965.2019.00062.

Natalini A, Acciarri N, Cardi T. (2021). Breeding for nutritional and organoleptic quality in vegetable crops: The case of tomato and cauliflower. Agriculture, 11 (7): 606. https://doi.org/10.3390/agriculture11070606.

Obossou E, Totin E, Singh C, Segnon AC. (2025). A systematic review of climate change adaptation in vegetable farming systems in Africa. Communications Earth & Environment*,* 6:799. https://doi.org/10.1038/s43247-025-02763-7.

Rajasekharan PE. (2019). Vegetable genetic resources: diversity, distribution and conservation. In: PE Rajsekharan , VR Rao (Eds). Conservation and Utilization of Horticultural Genetic Resources. Springer Nature Singapore Pte Ltd., pp: 117-138.

Siegel KR, Ali MK, Srinivasiah A, Nugent RA, Narayan KV. (2014). Do we produce enough fruits and vegetables to meet global health need? PLoS ONE, 9:e104059. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104059.

Singh H, Sekhon BS, Kumar P, Dhall RK, Devi R, Dhillon TS, Sharma S, Khar A, Yadav R K, Tomar BS, Ntanasi T, Sabatino L, Ntatsi G. (2023). Genetic mechanisms for hybrid breeding in vegetable crops. Plants, 12(12): 2294. https://doi.org/10.3390/plants12122294.

Stanaway JD, Afshin A, Ashbaugh C, Bisignano C, Brauer M, Ferrara G, Garcia V, Haile D, Hay SI, He J, Iannucci V, Lescinsky H, Mullany EC, Parent MC, Serfes AL, Sorensen RJD, Aravkin AY, Zheng P, Murray CJL. (2022). Health effects associated with vegetable consumption: a Burden of Proof study. Nature Medicine, 28:2066-2074, https://doi.org/10.1038/s41591-022-01970-5.

TÜİK. (2022). www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi:01.09.2025)

Vu TV, Das S, Tran MT, Hong JC, Kim JY. (2020). Precision genome engineering for the breeding of tomatoes: recent progress and future perspectives. Frontiers in Genome Edition, 2:612137. https: //doi.org/10.3389/fgeed.2020.612137.

World Health Organization (WHO) (2019). Promoting Fruit and Vegetable Consumption. Available online:http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease. prevention/nutrition/ üactivities/technical-support-to-member-states/promoting-fruit-and-vegetable-consumption (accessed on 17 April 2025).

BÖLÜM 13
İNSAN SAĞLIĞI BAKIMINDAN ÖN PLANA ÇIKAN SEBZELER VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Doç. Dr. Halil İbrahim ÖZTÜRK[19]

DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18118137

[19] Vocational School of Health Services, Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan 24002, Türkiye ORCID:0000-0002-8977-0831 Email:hiozturk@erzincan.edu.tr

GİRİŞ

Sebzeler tarımsal ürünler içerisinde çok önemli bir grubu oluşturmakta ve özellikle folat, C vitamini ve potasyum gibi vitamin ve minerallerin mükemmel bir besin kaynağıdırlar. Sebzelerin insan sağlığı üzerine etkileri konusunda bilimsel çalışmalar son yıllarda hız kazanmış ve çalışmalar sebze tüketiminin kansere karşı korunmaya, diyabeti önlemeye ve hatta daha uzun yaşamanıza yardımcı olabileceklerini göstermiştir. Sağlıklı ve uzun yaşam için, her gün sebze tüketmenin kronik hastalık riskini azaltabileceği, beyin fonksiyonlarını iyileştirebileceği çalışmalarla ortaya konmuştur. Sebzeler ayrıca sağlıklı bir bağırsak sağlığını korumaya ve kabızlık ile diğer sindirim sorunlarını önlemeye yardımcı olabilecek mükemmel bir lif kaynağıdırlar. Lif açısından zengin bir beslenme düzenin, bağırsak kanseri riskini azaltabileceği ortaya konmuştur. Çalışmalar tüm sebzelerin sağlık açısından önemli olduğunu, ancak bazı türlerin ekstra güçlü bir besin takviyesi içerdiğini ortaya koymuştur. Ispanak, havuç ve mantar gibi bazı sebzelerin, benzersiz sağlık faydaları bulunmaktadır. Sebzeler yapı olarak diğer bahçe ürünlerinden farklı olduğu için, sebzeleri pişirme ve hazırlama şekli besin değerlerini etkileyebilmektedir. Buharda pişirme, besin içeriğini artırabilir. Haşlama ve dondurma ise azaltabilir.

SEBZELERDE BULUNAN VE İNSAN SAĞLIĞI AÇISINDAN ÖNEM TAŞIYAN TEMEL BESİN MADDELERİ

Sebzeler birçok temel besin maddesinin mükemmel kaynağıdır. Bunlar:

Lif: Bitkisel kaynaklı diyet lifi, genel sağlığı destekleyen ve çeşitli kronik rahatsızlıklara karşı koruma sağlayan temel besin maddeleri ve antioksidanları sağlar. Liflerin özellikle sindirim sistemi, kalp sağlığı, kilo yönetimi, kan şekeri kontrolü ve kronik hastalıkları önlemede önemli rolleri bulunmaktadır (Suresh vd. 2024).

Potasyum: Hücre içi en bol bulunan katyon olan potasyum, birçok gıdada doğal olarak bulunan ve besin takviyesi olarak da alınabilen temel bir besindir. Potasyum, tüm vücut dokularında bulunur ve hücre içi sıvı hacmini korumadaki rolü nedeniyle normal hücre fonksiyonu için gereklidir. Potasyum, plazma hacmi de dahil olmak üzere hücre dışı sıvı hacminin ana düzenleyicisi olan sodyum ile güçlü bir ilişkiye sahiptir. Kas ve sinir fonksiyonu için gereklidir. Potasyum ayrıca kan basıncını ve felç riskini düşürmeye de yardımcı olabilir (Stone vd. 2016).

Folat: Vücudun kırmızı kan hücreleri üretmesine yardımcı olur. Folat, özellikle hamilelik döneminde önemlidir çünkü beyin ve omurgada doğum kusurları riskini azaltmaya yardımcı olur. Folik asit, takviyelerde ve zenginleştirilmiş gıdalarda bulunan B9 vitamininin sentetik formudur; folat ise gıdalarda doğal olarak bulunur. Folik asit ve türevleri, nükleik asitlerin (DNA ve riboz nükleik asidi [RNA]) ve farklı proteinlerin sentezinde son derece önemlidir (Seyoum Tola, 2024).

A Vitamini: A vitamini cildi sağlıklı tutar, hücre büyümesini, bağışıklık sistemini, fetal gelişimi ve görmeyi destekler. A vitamininin en bilinen işlevlerinden biri görme ve göz sağlığındaki rolüdür. A vitamini, cilt, bağırsaklar, akciğerler, mesane ve iç kulak gibi yüzey dokularının korunmasına yardımcı olur (Huang, 2018).

C Vitamini: L-askorbik asit olarak da bilinen C vitamini, bazı gıdalarda doğal olarak bulunan, diğerlerine eklenen ve besin takviyesi olarak kullanılabilen suda çözünen bir vitamindir. İnsanlar, C vitaminini endojen olarak sentezleyemezler, bu nedenle temel bir besin bileşenidir. C vitamini, kolajen, L-karnitin ve bazı nörotransmitterlerin biyosentezi için gereklidir; C vitamini ayrıca protein metabolizmasında da rol oynar. Kolajen, yara iyileşmesinde hayati bir rol oynayan bağ dokusunun temel bir bileşenidir. C vitamini aynı zamanda önemli bir fizyolojik antioksidandır ve alfa-tokoferol (E vitamini) dahil olmak üzere vücuttaki diğer antioksidanları yenilediği

ortaya konulmuştur (Frei vd. 1989; Carr ve Fre, 1999; Jacob ve Sotoudeh, 2002; Li ve Schellhorn, 2007).

Demir: Demir, solunum, enerji metabolizması, replikasyon ve gen regülasyonu gibi hücresel ve fizyolojik süreçler için önemli olan temel bir mikro besindir. Besinlerdeki demir, insanlarda demir atılımı düzenlenmediğinden, demir homeostazını düzenleyen düzenli bir süreçle esas olarak onikiparmak bağırsağından emilir. Gıdalardaki demir, hem (et türleri) ve hem olmayan (sebzeler ve tahıllar) olmak üzere iki formda bulunur. Son çalışmalar, bağırsak için güvenli ve daha az toksik olan yeni gıda ürünleri, yeni oral demir takviyeleri veya demirle biyolojik olarak güçlendirilmiş gıdalar hakkında demir biyoyararlanım verilerini ortaya koymuştur (van Wonderen vd. 2023). Ayrıca, mikro öğütme veya gıda kapsülleme gibi gıda işleme prosedürleri gıdalardan demir emilimini etkilemek için kullanılır. Dahası, bağırsak mikroflorası, gıda matrislerini, metabolitleri değiştiren ve bağırsak bölgesinde demir emilimini düzenleyen önemli varlıklar olarak ortaya çıkmıştır. Demir, beyin fonksiyonu ve kırmızı kan hücrelerinin üretimi için önemlidir. Demir açısından zengin sebzelerle birlikte yediğimiz yiyecekler demirin emilimini etkiler. C vitamini içeren yiyecekler, bitkisel demirin emilimine yardımcı olur. Kalsiyum, özellikle takviye olarak alındığında demir emilimini engelleyebilir (Zamora vd. 2016).

Kalsiyum: Vücudun güçlü kemikler oluşturmak ve korumak için kalsiyuma ihtiyacı vardır. Kalbin, kasların ve sinirlerini de düzgün çalışması için kalsiyuma ihtiyacı vardır. Bazı çalışmalar, kalsiyumun D vitaminiyle birlikte kemik sağlığının ötesinde faydaları olabileceğini öne sürmektedir. Kemik sağlığı için önemli olan kalsiyum, kanser, diyabet ve yüksek tansiyona karşı da koruma sağlayabilir (117iv d. 2018).

Fitokimyasallar (Fitobesinler): Fitokimyasal, çeşitli yapı ve işlevlere sahip bitki kimyasalları için kullanılan genel bir terimdir. Sebzelerde, koruma ve üreme için farklı işlevler görebilirler; örneğin, renk ve koku koruma, böcek

çekme yani tozlaşma, fitoaleksinler ile patojen savunması, hormonal işlevler ile büyüme ve sinyal iletimi, antibesinler ve toksinler ile böcek koruması ve allelokimyasallar ile otçullara karşı savunma gibi (Saxena vd. 2013). Fitokimyasallar, sebzelerde doğal olarak bulunan biyoaktif bileşenlerdir ve miktarları ve çeşitleri bitkiden bitkiye değişir. En baskın sınıflar terpenoidler, polifenoller, fenolik bileşenler, alkaloidler, karotenoidler, fitosteroller ve saponinler'dir. Çok çeşitli sağlık artırıcı özelliklere sahiptirler. Örneğin, kalp hastalığından kansere kadar rahatsızlıkları önlemeye yardımcı olabilecek antioksidanlardır. Fitokimyasallar insanlar tarafından tüketildiğinde biyolojik aktiviteye sahip olabilir. En yaygın fitokimyasal kaynakları meyveler, sebzeler, tam tahıllar, kuruyemişler, tohumlar ve diğer bitkisel gıdalardır. Bitkisel gıdalarda bulunan fitokimyasalların çoğu, kardiyovasküler hastalıklar ve tip 2 diyabet gibi bulaşıcı olmayan kronik hastalık riskini azaltmada rol oynamaktadır. Biyoaktif fitokimyasallar, son yirmi yılda *in vitro* ve *in vivo* modeller kullanılarak kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve bu çalışmalar, hastalık riskinin azaltılmasından potansiyel olarak sorumlu olan yapı-işlev etkileri hakkında önemli bilgiler sağlamıştır.

İNSAN VÜCUDU İÇİN EN SAĞLIKLI SEBZELER

Tüm sebzeler insan vücudu için sağlıklıdır. Doğal olarak yağ ve tuz oranları düşüktür ve besin açısından zengindirler. Ancak kanıtlanmış sağlık yararları söz konusu olduğunda, bilimsel araştırmalara göre en sağlıklı sebze türleri bulunmaktadır.

1. Brokoli

COVID salgın dönemi de üzerinde çok durulan brokoli, bilim insanlarının tıbbi etkileri üzerinde çalıştığı sülforafan adı verilen özel bir kimyasal bileşik içerir. Brokoli ayrıca mükemmel bir C vitamini ve demir kaynağıdır (Mokhtari vd. 2018). Çalışmalar, sülforafanın insan sağlığı

açısından kardiyovasküler hastalık riskini azaltmada, steroid kaynaklı osteoporozu önlemede etkin olduğu ve ayrıca anti-kanser özellikler taşıdığı ortaya konmuştur (Mahn vd. 2012; Vanduchova vd. 2019). Bazı çalışmalar, brokoli ve diğer turpgillerden olan sebzelerin, kansere karşı en iyi koruma sağlayan sebzeler olduğunu göstermektedir. Haftada sadece 3-5 porsiyon brokoli tüketmek, kanser riskini %30-40 oranında azaltabileceği ortaya konmuştur (Andrés vd. 2025).

2. Kara lahana

Kara lahana, son birkaç on yılda sağlıklı bir besin olarak giderek daha popüler hale gelmiştir. Ancak bu yapraklı yeşil sebze, bundan çok daha uzun süredir ilaç olarak kullanılmaktaydı. Hiç yağ içermeyen bu bitkinin 100 gramı sadece 30 kaloridir. Bu özellikleriyle kara lahana bitkisi diyet yapan veya kilo koruma programı uygulayanlar için mükemmel bir sebzedir. İçerdiği vitamin ve mineraller ile kara lahana bitkisi besin değeri yüksek bir sebzedir. Lif bakımından zengin olan kara lahana; vitamin, mineral ve protein bakımından da zengindir. Sütten daha fazla kalsiyum içeren kara lahana, aynı zamanda bol miktarda demir ve folik asit ihtiva eder. Kara lahana, sağlık bakımından önemi özellikle lutein içeriğinden kaynaklanır. Lutein hafıza kaybı veya öğrenme güçlüğü gibi nörolojik sorunlar, katarakt veya diyabetik göz problemleri gibi göz hastalıkları, yüksek tansiyon gibi kardiyovasküler problemler, cilt tahrişi ve kemik erimesi gibi problemlere karşı etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Mitra vd. 2021; Ortega-Hernández vd. 2021).

3. Ispanak

Ispanak, brokoli ve kara lahana ile aynı sağlık yararlarının çoğunu içerir. Ayrıca fitokimyasallar açısından da zengindir. Bunlar, vücudun tokluk hissi veren hormonları salgılamasını sağlar ve bu da kilo vermek isteyenler için faydalı olabilir (Jovanovski vd. 2015: Barkat vd. 2018). Ispanak ayrıca

sağlıklı kasların korunması, kalp sağlığının iyileştirilmesi, daha iyi bağışıklık fonksiyonu için etkindir. Ispanak, diğer sebzelere kıyasla en yüksek demir içeriklerinden birine sahiptir (FoodData Central, 2019). Aynı zamanda harika bir A vitamini ve lif kaynağıdır (Roberts and Moreau, 2016; Pérez-Piñero vd. 2021). Ispanak özütü, özellikle direnç antrenmanı sırasında gücü ve kas kütlesini artırdığı, yorgunluğu azalttığı ve iyileşmeyi kolaylaştırdığı gösterilen başta 20-hidroksiekdison (20E) olmak üzere yüksek fitoekdisteroid içeriğiyle karakterize edilmektedir (Isenmann vd. 2020).

4. Havuç

Havuç, yüksek besin içeriği ve sağlık yararlarıyla bilinen kökleri yenen bir sebzedir. Özellikle kanserle savaşma etkileriyle ilişkilendirilen başta karotenoidler olmak üzere güçlü antioksidan içeriğiyle bilinir. Havuçlar, canlı turuncu veya sarı ya da kırmızı renkleri veren karotenoidleri içerirler ve göz sağlığı için de çok faydalıdırlar (Şekil 1). Havuçtaki karotenoidler, polifenoller ve vitaminlerin antikansorejen, antioksidan ve bağışıklık sistemini güçlendirici özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. Çok sayıda *in-vivo* ve *in-vitro* araştırma, havuçların kolesterol düşürücü, anti-diyabetik, anti-hipertansif, böbrek koruyucu, karaciğer koruyucu ve karaciğer tarafından yağ ve safra atılımını kolaylaştırma gibi sayısız sağlık yararını ortaya koymuştur. Havuç tüketimi Alzheimer ve hafıza kaybı gibi yaşa bağlı hastalıkları önleme, güneş yanıklarından (ve cilt kanserinden) korunma, bağışıklık sisteminizi sağlıklı tutma konusunda etkindirler. Düzenli olarak havuç tüketen kadınlarda meme kanseri riski daha düşüktür. Havuç ayrıca akciğer kanserini önlemede de faydalıdır. Sigarayı bırakmak ve sağlıklı akciğerler için düzenli olarak havuç tüketmek, akciğer kanserini önlemede etkili olabilir. Havuçlar ayrıca harika bir lif ve A vitamini kaynağıdır. A vitamini ve potasyum kalp sağlığı için çok önemlidir (Guillén vd. 2017; Singh vd. 2021; Ikram vd. 2024).



Şekil 1. Farklı pigmentleri içeren havuçlar

5. Dolmalık biber

Sarı, yeşil ve kırmızı dolmalık biberlerin (Şekil 2) her birinin kendine özgü sağlık faydaları vardır. Bu nedenle, çeşitli renklerde yemek, tüm besinlerini almanın en uygun yolu olarak kabul edilmektedir.

Kırmızı biberler: Ağrı kesici, kanser önleyici ve kilo vermeye yardımcı olabilen kapsaisin içerirler. Kapsaisinin metabolizmayı hızlandırdığı ve iştahı en azından biraz baskıladığı yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Kapsaisin, vücut ısısını yükselterek metabolizmayı etkilediği ve bu da daha fazla enerji harcanmasına neden olduğunu ortaya koymaktadır. Dihidrokapsiat (DCT), kapsaisine yakın bir bileşik olup, bazen CH-19 biberleri olarak da adlandırılan hafif ve tatlı bir acı biber türünde bulunur. Araştırmacılar, kapsül formundaki DCT'nin, yakıcı hissi dışında kapsaisine benzer şekilde etki ettiğini ortaya koymuşlardır (Srinavasan, 2016; Thuphairo vd. 2019).

Sarı biberler: Özellikle öğrenme ve hafıza için faydalı olan yüksek miktarda flavonoid içerirler.

Yeşil biberler: Güçlü bir fenolik asit kaynağıdırlar. Bu, diyabet riskinizi azaltabilir ve cilt hasarını önlemeye yardımcı olabilir.

Dolmalık biberler özellikle yüksek miktarda C vitamini içerir. Portakal ile karşılaştırıldığında portakalın yaklaşık üç katı kadar C vitamini içerirler. C vitamini, vücudun demiri emmesine ve yaraların iyileştirilmesine yardımcı olur. Ayrıca sağlıklı bir beslenme ve yaşam tarzının parçası olarak kalp hastalığı ve kanser de dahil olmak üzere, çeşitli rahatsızlıkların önlenmesinde rol oynayabilir. Dolmalık biberin sağlıklı bir yaşam tarzı bağlamındaki diğer sağlık faydaları şunlardır (Bridgemohan vd. 2017; Sanati vd. 2018; Dhamodharan vd. 2023):

Düşük tansiyon: Vücutlarında yüksek C vitamini seviyelerine sahip kişilerin (plazmalarındaki C vitamini konsantrasyonlarına göre), özellikle de kaliteli bir beslenme düzenine sahiplerse, yüksek tansiyona yakalanma olasılığının daha düşük olduğunu göstermektedir.

İyi sindirim sağlığı: Biberlerin her 1 su bardağı porsiyonunda yalnızca 30 kalori olmasına rağmen, çiğ dolmalık biber 2.5 gram diyet lifi içerir. Diyet lifi, dışkıya hacim kazandırarak sindirim sağlığınızı desteklemeye yardımcı olur. Bu da dışkının atılmasını kolaylaştırır. Yüksek lifli bir beslenme düzeni, hemoroit olma olasılığını da azaltabilir.

Diyabet riskini azaltır: Dolmalık biber gibi yüksek lifli besinler, şekerin kan dolaşımınıza emilim hızını yavaşlatır. C vitamini, tip 2 diyabet hastalarında kan şekeri seviyelerini düşürmeye de yardımcı olabilir.



Şekil 2. Farklı renklerdeki dolmalık biberler

6. Pancar

Pancar, betalainler içerir. Bunlar, onlara koyu mor rengini veren azotlu pigmentlerdir. Pancar tüketimi yüksek tansiyon, kalp hastalığı ve kansere yakalanma riskini azaltabilir (Rahimi vd. 2019). Pancar, folat ve potasyum açısından da zengindir. Pancar, pigmentlerinden (yani betalainlerden) kaynaklanan yüksek antioksidan aktivitesiyle bilinir (Allegra vd. 2005). Pancarın kırmızı bileşenleri (betasiyaninler), ana pigmenti ve fitokimyasal aktivitesinin göstergesi olarak kabul edilen %75-95 oranında betanin içerir (Gliszczynska-Swiglo vd. 2006).

7. Tatlı patates

Tatlı patates (*Ipomoea batatas*), dikotiledon ve Convolvulaceae familyasına ait olup dünyanın en önemli yedinci gıda ürünü ve beşinci temel ürünü olarak sıralanmıştır (Neela ve Fanta, 2019). Tatlı patates yetiştiren 115'ten fazla ülke vardır ve yıllık tatlı patates üretimi 120 milyon tonun üzerindedir; Çin, Nijerya ve Tanzanya üretimde küresel üretim liderleridir (FAOSTAT, 2020). Tropikal ve subtropikal bölgelerde tatlı patates, düşük tarımsal girdi ve emek yoğunluğu, kısa olgunlaşma süresi gerektirdiği ve her takvim yılında birkaç kez hasat edilebildiği için birincil üründür (Neela ve Fanta, 2019). Çeşit çeşitliliği esas olarak etlerinin rengi (sarı, beyaz, kırmızı, turuncu, mor), fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi ile ayırt edilir (Şekil 3).



Şekil 3. Farklı et rengine sahip tatlı patatesler

Örneğin, turuncu etli tatlı patatesler karotenoidler açısından zengindir ve mor etli tatlı patatesler yüksek seviyelerde antosiyaninler içerir (Alam vd. 2016; Neela ve Fanta, 2019; Obomeghei vd. 2020). Tatlı patatesler, besin değeri yüksek kök sebzeleridir. Lif ve antioksidan bakımından zengindirler; vücudu serbest radikallerin verdiği zararlardan korur ve sağlıklı bir bağırsak ve beyin gelişimine katkıda bulunurlar. Tatlı patatesler, sağlık açısından geniş kapsamlı faydaları olan karotenoidler ve polisakkaritler açısından zengindir. Yapılan çalışmalar, tatlı patateslerin A vitamini emilimini iyileştirmek, kan şekerini kontrol etmek, kabızlığı önlemek ve karaciğer fonksiyonlarını iyileştirmek için etkili olduğunu ortaya koymuştur. Tatlı patatesler ayrıca manganez, bakır, potasyum ve demir gibi mikro besinlerce çok zengindir (Laveriano-Santos vd. 2022; Qin vd. 2022).

8. Mantarlar

Kültür mantarları sebzeler dünyasında yer alır ve diğer sebzelerde bulunmayan D vitamininin çok önemli kaynağıdır. D vitamini sağlıklı kemik ve kaslara sahip olmamıza yardımcı olur. Romalılar mantarlara "tanrıların yemeği" dediğinden beri insanlar mantarları şifalı bir yiyecek olarak kabul etmişlerdir. Modern araştırmalar, mantarların Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı, felç ve kanserlere karşı insan hücrelerini koruduğunu ortaya koymuşlardır. Yenilebilir kültür mantarları ayrıca sağlıklı bağırsak bakterilerini beslemeye yardımcı olabilecek prebiyotikler içerir. Yenilebilir kültür mantarları hipertansiyon, hiperkolesterolemi, ateroskleroz ve kanser riskini azalttıkları için yüksek tıbbi değere sahiptir (Ashagrie, 2015; Cardwell vd. 2018). Yenilebilir kültür mantarları yüksek antioksidan aktiviteye de sahiptirler. Ayrıca toplam kan kolesterolünü, lipoprotein kolesterolünü ve kan şekeri seviyesini düşürmeye yardımcı olurlar (Daba ve ark., 2008; Valverde vd. 2015).

9. Kırmızı lahana

Turpgillerden bir sebze olan kırmızı lahana, yakın akraba türleri olan brokoli ve kara lahananın birçok sağlık faydasına sahiptir. Ancak kırmızı lahananın zengin mor rengi, antosiyaninlerin ek faydalarını da beraberinde getirir. Antosiyaninler, doğal pigmentler olup, beyin sağlığını iyileştirme, kalp fonksiyonlarına yardımcı olma, kanser riskini azaltma ve bağırsak sağlığını iyileştirme konusunda etkiye sahiptir. Kırmızı lahana özellikle C vitamini, K vitamini ve lif açısından zengindir. Kırmızı lahana, bir tür flavonoid olan antosiyaninler açısından özellikle zengindir. Flavonoidler, bitkilerin tozlayıcıları çekmek ve kuraklıklardan kurtulmak gibi işlevlerini yerine getirmelerine yardımcı olmak için kullandıkları doğal maddelerdir. Ayrıca, tüketen kişiler için de faydaları vardır. Kırmızı lahanada bulunan antosiyaninlerce zengin beslenme, düşük kan basıncıyla bağlantılıdır. Ayrıca

kardiyovasküler (kalp ve damar) hastalık riskinin azalmasıyla ve zengin antosiyanin içeriği dil ve hafıza ile ilişkili beyin bölgelerindeki kan akışının artmasıyla ilişkilendirmiştir. Kemik sağlığı için önemli olan çeşitli besin maddeleri içerir. Çoğu insan D vitamini ve kalsiyumun kemik sağlığı için kritik öneme sahip olduğunu bilir; ancak kemikleriniz için gerekli olan diğer besinler arasında K vitamini ve magnezyum da bulunur (Bliss, 2008: Park vd. 2014; Cruz vd. 2016; Zhang vd. 2021; Gao vd. 2022).

.

10. Sarımsak

Sarımsak (*Allium sativum* L.), keskin aromasıyla bilinen, yaygın olarak bulunan bir sebzedir. Çeşitli biyoaktif bileşikler içerir ve beslenme, fizyoloji ve tıpla ilgili alanlar da dahil olmak üzere insanlara çok çeşitli sağlık yararları sunar. Bu nedenle sarımsak, en etkili hastalık önleyici diyetlerden biri olarak kabul edilir. Birçok *in vitro* ve *in vivo* çalışma, kükürt içeren, allisin ve ajoenin etkili sarımsağın, antikanser, antidiyabetik, antienflamatuar, antioksidan, antimikrobiyal, bağışıklık sistemini güçlendirici ve kardiyoprotektif özelliklerini bildirmişlerdir. Polisakkaritler, saponinler, tanenler, linalool, geraniol, felandren, b-felandren, ajoen, alliin, S-alil-merkapto sistein ve b-felandren dahil olmak üzere zengin bir doğal biyoaktif bileşik kaynağı olan sarımsak, birçok terapötik uygulamaya sahiptir ve çeşitli insan hastalıklarına karşı ilaç geliştirmede rol oynayabilir (Hu vd. 2021; Ozma vd. 2021, El-Saadony vd. 2024). Sarımsak, tarih boyunca bir tür bitkisel ilaç olarak kullanılmıştır. Bunun nedeni, sarımsağın sağlığı iyileştirebilecek polifenoller (bitki bazlı bileşikler) açısından zengin olmasıdır. Araştırmalar, sarımsağın osteoartrit, cilt hastalıkları, kalp hastalıkları, kanser ve diyabete karşı insan hücrelerini koruduğunu ortaya koymuştur. Sarımsak, toplam ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) veya "kötü" kolesterolü düşürmeye yardımcı olabilir. Bu, kolesterolü yönetmeye ve dolayısıyla kalp sağlığını iyileştirmeye yardımcı olabilir. British Heart Foundation'a göre, sarımsak

özleri ve sarımsak tozu kan basıncını düşürmeye yardımcı olabilir. Sarımsak ayrıca potasyum, fosfor ve çinko açısından da zengindir. Bu nedenle, herhangi bir yemeğe hem lezzet hem de sağlık yararları katmanın mükemmel bir yoludur (Bayan vd. 2014; Ansari vd. 2020).

11. Soğan

Soğan, sarımsak, arpacık soğanı ve pırasayı da içeren çiçekli bitkilerden Allium cinsinin bir üyesidir. Lezzetli, çok yönlü ve nispeten ucuzdurlar ve çok çeşitli sağlıklı vitamin, mineral ve sekonder bileşikleri içerirler. Soğanlar, anti-inflamatuar, antioksidan, anti-obezite, antidiyabetik, antikanser, antialerjik, kardiyovasküler koruyucu, nöroprotektif, solunum koruyucu ve bakteriyostatik etkiler de dahil olmak üzere çeşitli sağlık yararlarına katkıda bulunan biyoaktif bileşikler açısından zengindir. Soğanlar, kan şekerinin daha iyi düzenlenmesi ve kemik yoğunluğunun artması gibi birçok faydası olabilen oldukça besleyici sebzelerdir. Soğanlar bağışıklık sistemini güçlendirici özelliklere sahiptir. Düzenli olarak soğan tüketmek yara iyileşmesini hızlandırır, safra kesesi taşlarını önlemeye yardımcı olur, depresyon veya anksiyeteye iyi gelir, kanser riskini azaltır. Soğan ayrıca kalsiyum, demir ve lif gibi birçok temel besini sağlar. Soğanlar, bağışıklık sistemini desteklemeye, kolajen üretimine ve demir emilimine yardımcı olabilecek C vitamini açısından zengindir. Soğan ayrıca folat ve B6 vitamini de dahil olmak üzere B vitaminleri içerir. Bunlar metabolizmada, kırmızı kan hücresi üretiminde ve sinir fonksiyonunda önemli roller oynar. Soğan potasyum içeriğinden dolayı hücresel fonksiyon, sıvı dengesi, sinir iletimi, böbrek fonksiyonu ve kas kasılması bakımından oldukça faydalı bir sebzedir (Li vd. 2020; Ren ve Zhou, 2021; Chakraborty vd. 2022; Kim vd. 2024; Muscolo vd. 2025).

12. Patlıcan

Patlıcan (*Solanum melongena*), özellikle Asya ülkeleri, Orta Doğu ve Akdeniz havzası çevresinde olmak üzere tüm dünyada yetişen yaygın bitkilerden biridir. Meyve şekline göre patlıcan, yumurta şekilli, uzun ince şekilli ve bodur tipler olmak üzere üç türe ayrılmıştır. Patlıcan önemli bir lif, mineral (demir, kalsiyum, potasyum, magnezyum, sodyum, çinko ve fosfor), Vitamin C, tiamin, niasin, B6, B12, A, E, D ve K vitaminlerin kaynağıdır (Gürbüz vd. 2018). Patlıcan, astım, bronşit, diyabet, artrit ve hiperkolesterolemi dahil olmak üzere çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmıştır (Guimarães vd. 2000; Magioli ve Mansur, 2005). Patlıcanın klinik kullanımı fenolik ve alkaloid içeriğinden kaynaklanmaktadır (Daunay, 2008). Patlıcanın kabuğunda ve etinde bulunan başlıca fenolik bileşikler delfinidin (bir antosiyanin) ve klorojenik asittir (bir fenolik asit). Patlıcan, güçlü antioksidan etkileri olan fitokimyasallarca çok zengindir. Patlıcan, metabolik sendrom riskini azaltarak kan şekerini düzenler, vücut yağını, tansiyonu ve kolesterolü düşürür (Yarmohammadi vd. 2021).

KAYNAKLAR

Alam MK, Rana ZH, Islam SN. (2016). Comparison of the proximate composition, total carotenoids and total polyphenol content of nine orange-fleshed sweet potato varieties grown in Bangladesh. Foods, 5(3): 64. https://doi.org/ 10.3390/foods5030064

Allegra M, Furtmüller PG, Jantschko W, Zederbauer M, Tesoriere L, Livrea MA, Obinger C. (2005). Mechanism of interaction of betanin and indicaxanthin with human myeloperoxidase and hypochlorous acid. Biochemical and Biophysical Research Communications. 332:837-844. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2005.05.031.

Andrés CMC, Pérez de la Lastra JM, Munguira EB, Juan CA, Pérez-Lebeña E. (2025). The multifaceted health benefits of broccoli-A review of glucosinolates, phenolics and antimicrobial peptides. Molecules, 30(11):2262. https://doi.org/10.3390/molecules 30112262.

Ansary J, Forbes-Hernández TY, Gil E, Cianciosi D, Zhang J, Elexpuru-Zabaleta M, Simal-Gandara J, Giampieri F, Battino M. (2020). Potential health benefit of garlic based on human intervention studies: A brief overview. Antioxidants 9 (7):619. https://doi.org/10.3390/antiox9070619.

Ashagrie Z, Woldegiorgis DA, Haki GD, Ziegler GR. (2015). Proximate and amino acid composition of wild and cultivated edible mushrooms collected from Ethiopia, Journal of Food Science and Nutrition, 3(2): 48-55. https://doi.org/10.11648/j.jfns.20150302.14.

Barkat N, Singh J, Jayaprakasha GK, Patil BS. (2018). Effect of harvest time on the levels of phytochemicals, free radical-scavenging activity, α-amylase inhibition and bile acid-binding capacity of spinach (*Spinacia oleracea*). Journal of the Science of Food and Agriculture, 98(9):3468-3477. https://doi.org/10.1002/jsfa.8862.

Bayan L, Koulivand PH, Gorji A. (2014) Garlic: a review of potential therapeutic effects. Avicenna Journal of Phytomedicine, 4(1):1-14.

Bliss RM. (2008). When it comes to red cabbage, more is better. USDA Agricultural Research Service.https://www.ars.usda.gov/news-events/news/research-news/2008/when-it-comes-to-red-cabbage-more-is-better/ (accessed on 04 November 2025).

Bridgemohan P, Mohammed M, Bridgemohan RSH. (2017). Capsicums. In Fruit and Vegetable Phytochemicals, E.M. Yahia (Ed.). https://doi.org/10.1002/9781119158042. ch45.

Cardwell G, Bornman JF, James AP, Black LJ. (2018). A review of mushrooms as a potential source of dietary vitamin D. Nutrients, 10(10):1498. https://doi.org/10.3390/nu10101498.

Carr AC, Frei B. (1999). Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. The American Journal of Clinical Nutrition, 69(6):1086-1107. https://doi.org/10.1093/ajcn/69.6.1086.

Chakraborty AJ, Uddin TM, Matin Zidan BMR, Mitra S, Das R, Nainu F, Dhama K, Roy A, Hossain MJ, Khusro A, Emran TB. (2022). *Allium cepa*: A treasure of bioactive phytochemicals with prospective health benefits. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2022:4586318. https://doi.org/10.1155/2022/4586318.

Cruz AB, Pitz HDS, Veber B, Bini LA, Maraschin M, Zeni ALB (2016). Assessment of bioactive metabolites and hypolipidemic effect of polyphenolic-rich red cabbage extract. Pharmaceutical Biology, 54:3033-3039. https://doi.org/ 10.1080/13880209.2016.1200633.

Daba AS, Kabeil SS, Botros WA, El-Saadani MA. (2008). Production of mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in Egypt as source of nutritional and medicinal food. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 4(5): 630-634.

Daunay MC. (2008). Eggplant, p. 163-220. In: Prohens J, Nuez F. eds. Handbook of plant breeding: vegetables II. Springer, New York.

Dhamodharan K, Vengaimaran M, Sankaran M. (2023). Pharmacological properties and health benefits of capsicum species: A comprehensive review. IntechOpen. https://doi.org/ 10.5772/intechopen.104906.

El-Saadony MT, Saad AM, Korma SA, Salem HM, Abd El-Mageed TA, Alkafaas SS, Elsalahaty MI, Elkafas SS, Mosa WFA, Ahmed AE, Mathew BT, Albastaki NA, Alkuwaiti AA, El-Tarabily MK, AbuQamar SF, El-Tarabily KA and Ibrahim SA. (2024). Garlic bioactive substances and their therapeutic applications for improving human health: a comprehensive review. Frontiers in Immunology, 15:1277074. https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1277074.

FAOSTAT (2020). Food and Agricultural Organisation. Statistical database.

FoodData Central (2019). Spinach raw. U.S. Department of Agriculture. https://fdc.nal.usda.gov/food-details/168462/nutrients (accessed 02.11.2025).

Frei B, England L, Ames BN. (1989). Ascorbate is an outstanding antioxidant in human blood plasma. Proceedings of the National Academy of Sciences, 86(16):6377-6381. https://doi.org/10.1073/pnas.86.16.6377.

Gao J, Cheng BB, Liu YF, Li M, Zhao GY. (2022). Effects of red cabbage extract rich in anthocyanins on rumen fermentation, rumen bacterial community, nutrient digestion, and plasma indices in beef bulls. Animal, 16 (5):100510. https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100510.

Gliszczyńska-Świgło A, Szymusiak H, Malinowska P. (2006) Betanin, the main pigment of red beet: Molecular origin of its exceptionally high free radical-scavenging activity. Food Additives & Contaminants: Part A 23:1079-1087. https://doi.org/ 10.1080/02652030600986032.

Guillén S, Mir-Bel J, Oria R, Salvador ML. (2017). Influence of cooking conditions on organoleptic and health-related properties of artichokes, green beans, broccoli and carrots. Food Chemistry, 217:209-216. https://doi.org/ 10.1016/j.foodchem.2016.08.067.

Guimarães P, Galvão A, Batista C, Azevedo G, Oliveira R, Lamounier R, Freire N, Barros AM, Sakurai E, Oliveira JP, Vieira EC, Alvarez-Leite JI. (2000). Eggplant (*Solanum melongena*) infusion has a modest and transitory effect on hypercholesterolemic subjects. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 33:1027-1036. https//doi.org/10.1590/s0100-879x2000000900006.

Gürbüz N, Uluişik S, Frary A, Frary A, Doğanlar S. (2018). Health benefits and bioactive compounds of eggplant. Food Chemistry, 268:602-610. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.093.

Hu G, Cai K, Li Y, Hui T, Wang Z, Chen C, (2021). Significant inhibition of garlic essential oil on benzo [a] pyrene formation in charcoal-grilled pork sausages relates to sulfide compounds. Food Research International, 141:110127. https://doi.org/ 10.1016/j.foodres.2021. 110127 10.

Huang Z, Liu Y, Qi G, Brand D, Zheng SG. (2018). Role of vitamin A in the immune system. Journal of Clinical Medicine, 7(9):258. https://doi.org/10.3390/jcm7090258.

Ikram, A., Rasheed, A., Ahmad Khan, A., Khan, R., Ahmad, M., Bashir, R., & Hassan Mohamed, M. (2024). Exploring the health benefits and utility of carrots and carrot pomace: a systematic review. International Journal of Food Properties, 27(1): 180-193. https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2301569.

Isenmann E, Ambrosio G, Joseph JF, Mazzarino M, de la Torre X, Zimmer P, Kazlauskas R, Goebel C, Botrè F, Diel P, Parr MK. (2019). Ecdysteroids as non-conventional anabolic agent: Performance

enhancement by ecdysterone supplementation in humans. Archives of Toxicology, 93: 1807-1816. https://doi.org/10.1007/s00204-019-02490-x.

Jacob RA, Sotoudeh G. (2002). Vitamin C function and status in chronic disease. Nutrition in Clinical Care, 5(2):66-74. https://doi.org/10.1046/j.1523-5408.2002.00005.x.

Jovanovski E, Bosco L, Khan K, Au-Yeung F, Ho H, Zurbau A, Jenkins AL, Vuksan V. (2015). Effect of spinach, a high dietary nitrate source, on arterial stiffness and related hemodynamic measures: A randomized, controlled trial in healthy adults. Clinical Nutrition Research, 4 (3):160-167. https://doi.org/10.7762/cnr.2015.4.3.160.

Kim Y, Kim Y-J, Shin Y. (2024). Comparative analysis of polyphenol content and antioxidant activity of different parts of five onion cultivars harvested in Korea. Antioxidants, 13(2):197. https://doi.org/10.3390/antiox13020197.

Laveriano-Santos EP, López-Yerena A, Jaime-Rodríguez C, González-Coria J, Lamuela-Raventós RM, Vallverdú-Queralt A, Romanyà J, Pérez M. (2022). Sweet potato is not simply an abundant food crop: A comprehensive review of its phytochemical constituents, biological activities, and the effects of processing. Antioxidants 11(9):1648. https://doi.org/10.3390/antiox11091648.

Li Y, Schellhorn HE (2007). New developments and novel therapeutic perspectives for vitamin C. The Journal of Nutrition, 137(10):2171-2184. https://doi.org/ 10.1093/jn/137.10.2171.

Li K, Wang XF, Li DY, Chen YC, Zhao LJ, Liu XG, Guo YF, Shen J, Lin X, Deng J, Zhou R, Deng HW. (2018). The good, the bad, and the ugly of calcium supplementation: a review of calcium intake on human health. Clinical Interventions in Aging. 13:2443-2452. https://doi.org/10.2147/CIA.S157523.

Li Q, Wang Y, Mai Y, Li H, Wang Z, Xu J, He X. (2020). Health benefits of the flavonoids from onion: Constituents and their pronounced antioxidant and anti-neuroinflammatory capacities. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 68:799-807. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07418.

Magioli C, Mansur E. (2005). Eggplant (*Solanum melongena* L): Tissue culture, genetic transformation and use as an alternative model plant. Acta Botanica Brasilica, 19:139-148. https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000100013.

Mahn A, Reyes A. (2012). An overview of health-promoting compounds of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and the effect of processing. Food Science and Technology International, 18(6):503-514. https://doi.org/10.1177/1082013211433073.

Mitra S, Rauf A, Tareq AM, Jahan S, Emran TB, Shahriar TG, Dhama K, Alhumaydhi FA, Aljohani ASM, Rebezov M, Uddin MS, Jeandet P, Shah ZA, Shariati MA, Rengasamy KR. (2021). Potential health benefits of carotenoid lutein: An updated review. Food and Chemical Toxicology. 154:112328. https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112328.

Mokhtari RB, Baluch N, Homayouni TS, Morgatskaya E, Kumar S, Kazemi P, Yeger H. (2018). The role of Sulforaphane in cancer chemoprevention and health benefits: a mini-review. Journal of Cell Communication and Signaling, 12(1):91-101. https://doi.org/10.1007/s12079-017-0401-y.

Muscolo A, Maffia A, Marra F, Battaglia S, Oliva M, Mallamaci C, Russo M. (2025). Unlocking the health secrets of onions: investigating the phytochemical power and beneficial properties of different varieties and their parts. Molecules, 30(8):1758. https://doi.org/10.3390/molecules30081758.

Neela S, Fanta SW. (2019). Review on nutritional composition of orange-fleshed sweet potato and its role in management of vitamin A deficiency. Food Sciences and Nutrition, 7(6):1920-1945. https://doi.org/10.1002/fsn3.1063.

Obomeghei AA, Olapade AA, Akinoso R. (2020). Evaluation of the chemical composition, functional and pasting properties of four varieties of Nigerian sweet potato [*Ipomoea batatas* L. (lam.)] flour. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 20(3):15764. https://doi.org/10.18697/ajfand.91.18405.

Ortega-Hernández E, Antunes-Ricardo M, Jacobo-Velázquez DA. (2021). Improving the health-benefits of kales (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC) through the application of controlled abiotic stresses: A review. Plants, 10(12):2629. https://doi.org/10.3390/plants10122629.

Ozma MA, Khodadadi E, Pakdel F, Kamounah FS, Yousefi M, Yousefi B, (2021). Baicalin, a natural antimicrobial and anti-biofilm agent. Journal of Herbal Medicine, 27:100432. https://doi.org/10.1016/j.hermed.2021.100432.

Park S, Arasu MV, Lee M-K, Chun J-H, Seo JM, Al-Dhabi NA, Kim S-J. (2014). Analysis and metabolite profiling of glucosinolates, anthocyanins and free amino acids in inbred lines of green and red cabbage (*Brassica oleracea* L.) LWT Food Science and Technology, 58:203-213. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.002.

Pérez-Piñero S, Ávila-Gandía V, Rubio Arias JA, Muñoz-Carrillo JC, Losada-Zafrilla P, López-Román FJ (2021). A 12-week randomized double-blind placebo-controlled clinical trial, evaluating the effect of supplementation with a spinach extract on skeletal muscle fitness in adults older than 50 years of age. Nutrients, 13(12):4373. https://doi.org/10.3390/nu13124373.

Rahimi P, Abedimanesh S, Mesbah-Namin SA, Ostadrahimi A. (2019). Betalains, the nature-inspired pigments, in health and diseases. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 59(18):2949-2978. https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1479830.

Ren F, Zhou S. (2021). Phenolic components and health beneficial properties of onions. Agriculture, 11(9):872. https://doi.org/10.3390/agriculture11090872.

Roberts JL, Moreau R. (2016). Functional properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) phytochemicals and bioactives. Food & Function. 7(8):3337-3353. https://doi.org/ 10.1039/c6fo00051g.

Qin Y, Naumovski N, Ranadheera CS, D'Cunha NM. (2022). Nutrition-related health outcomes of sweet potato (*Ipomoea batatas*) consumption: A systematic review. Food Bioscience. 50 (Part B):102208. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102208.

Sanati S, Razavi BM, Hosseinzadeh H. A review of the effects of *Capsicum annuum* L. and its constituent, capsaicin, in metabolic syndrome. Iranian Journal of Basic Medical Sciences, May;21(5):439-448. https://doi.org/10.22038/IJBMS.2018.25200.6238.

Saxena M, Saxena J, Nema R, Singh D, Gupta A. (2013). Phytochemistry of medicinal plants. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 1:168-182.

Seyoum Tola F. (2024). The concept of folic acid supplementation and its role in prevention of neural tube defect among pregnant women: PRISMA. Medicine (Baltimore). 103(19)::e38154. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000038154.

Singh MN, Srivastava R, Yadav I. (2021). Study of different varietis of carrot and its benefits for human health: A review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 10(1): 1293-1299. https://doi.org/10.22271/phyto.2021.v10.i1r.13529.

Srinivasan K. (2016). Biological activities of red pepper (*Capsicum annuum*) and its pungent principal capsaicin: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 56 (9):1488-1500. https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772090.

Stone MS, Martyn L, Weaver CM. (2016). Potassium intake, bioavailability, hypertension, and glucose control. Nutrients, 8(7):444. https://doi.org/10.3390/nu8070444.

Suresh A, Shobna, Salaria M, Morya S, Khalid W, Afzal FA, Khan AA, Safdar S, Khalid MZ, Kasongo ELM. (2024). Dietary fiber: an unmatched food component for sustainable health. Food and Agricultural Immunology, 35 (1):2384420. https://doi.org/10.1080/09540105.2024. 2384420.

Thuphairo K, Sornchan P, Suttisansanee U. (2019). Bioactive compounds, antioxidant activity and ınhibition of key enzymes relevant to Alzheimer's disease from sweet pepper (*Capsicum annuum*) extracts. Preventive Nutrition and Food Science, 24(3):327-337. https://doi.org/10.3746/pnf.2019.24.3.327.

Valverde ME, Hernández-Pérez T, Paredes-López O. (2015). Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. International Journal of Microbiology, 2015:376387. https://doi.org/10.1155/2015/376387.

van Wonderen D, Melse-Boonstra A, Gerdessen JC. (2023). Iron bioavailability should be considered when modeling omnivorous, vegetarian, and vegan diets. The Journal of Nutrition, 153 (7):2125-2132. https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2023.05.011.

Vanduchova A, Anzenbacher P, Anzenbacherova E. (2019). Isothiocyanate from broccoli, sulforaphane, and its properties. Journal of Medicinal Foods, 22(2):121-126. https://doi.org/10.1089/jmf.2018.0024.

Yarmohammadi F, Ghasemzadeh Rahbardar M, Hosseinzadeh H. (2021). Effect of eggplant (*Solanum melongena*) on the metabolic syndrome: A review. Iranian Journal Basic Medical Sciences, 24(4):420-427. https://doi.org/10.22038/ijbms.2021.50276.11452.

Zamora T, Guiang S, Widness J, Georgieff MK. (2016). Iron is prioritized to red blood cells over the brain in phlebotomized anemic newborn lambs. Pediatric Research, 79: 922-928. https://doi.org/10.1038/pr.2016.20.

Zhang N, Jiao S, Jing P. (2021). Red cabbage rather than green cabbage increases stress resistance and extends the lifespan of *Caenorhabditis elegans*. Antioxidants, 10(6):930. https://doi.org/10.3390/antiox10060930.

BÖLÜM 14

BEYAZ ŞAPKALI MANTAR ÜRETİMİNDE ÖRTÜ TOPRAĞI KULLANIMI: KÜRESEL YAKLAŞIMLAR VE GÜNCEL EĞİLİMLER

Arş. Gör. Ömer ÖNEL[20]

Prof. Dr. Ersin POLAT[21]

DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18118168

[20] Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya, Türkiye. omeronel@akdeniz edu.tr, orcıd id: 0000-0002-1333-8751

[21] Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya, Türkiye. polat@akdeniz.edu.tr, orcid id: 0000-0003-2414-5071

GİRİŞ

Beyaz şapkalı mantar (*Agaricus bisporus*), nem, sıcaklık ve havalandırma gibi iklim parametrelerinin kontrol edildiği üretim odalararında yetiştiriciliği yapılan tarımsal önemli bir üründür. Tarımsal üretim modelleri arasında en yüksek biyokütle dönüşüm oranına sahip sistemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu üretim modelinin başarısını belirleyen en önemli materyallerden biri ise örtü toprağıdır. Örtü toprağı, yalnızca miselin komposttan yüzeye doğru ilerleyişini düzenlemekle kalmaz, aynı zamanda yapısındaki mikroorganizmalar vasıtasıyla mantarın generatif evreye geçiş sürecini yöneten çok önemli bir fayda sağlamaktadır. (Noble & Gaze, 1995). Kompost içerisinde vejetatif olarak büyüme gerçekleştiren misel, örtü toprağı ile karşılaştığında burada birtakım fiziksel ve kimyasal etkileşimlere maruz kalır. Mantar, örtü toprağında oluşan su potansiyeli, gaz iletimi, pH dengesi, mikrobiyal etkileşimler ve değişen iklim parametrelerine bağlı olarak karpofor (mantar meyvesi) oluşturmaya yönelir. Bu nedenle, örtü toprağının fiziksel ve biyolojik özellikleri, mantar üretiminde son derece önem arz etmektedir (Pardo-Giménez et al., 2012).

Örtü toprağı kullanımının mantar fizyolojisine etkisi çok boyutludur. Su tutma kapasitesi ve gözeneklilik, primordium öncesi yüzey mikroklimasının oluşturulmasında önemli rol oynar. Toprak-hava-su dengesinin optimum seviyede kalması, miselin yüzeye yakın bölgelerde yoğunlaşmasını ve mantar taslaklarının oluşumunu kolaylaştırır. Bu nedenle, miselin karpofor oluşturma yeteneği üzerine örtü toprağının fiziksel yapısının doğrudan belirleyici olduğu kabul edilmektedir (Pardo-Giménez et al., 2012). Aynı zamanda, örtü toprağının faydalı mikroorganizmalara sahip olması, miselin generatif aşamaya geçişini teşvik ederken; yüksek tamponlama kapasitesi pH değişimlerini sınırlayarak ideal pH değerinin korunmasını sağlar (Noble & Gaze, 1995; Kertesz & Thai, 2018).

Dünya genelinde geleneksel örtü toprağı olarak kullanılan temel bileşen "turba" dır. Turba toprağının fiziksel özellikleri mantar miselinin gereksinimleriyle büyük ölçüde uyumlu olduğundan uzun yıllardır güvenilir bir materyal olarak kabul görmüştür. Ancak turba yataklarından bu materyalin çıkartılmasının biyoçeşitlilik kaybına yol açması, çıkartma sonrası bölgede çevresel tahribatlar oluşması, karbon depo özelliğine sahip bu alanların zarar görmesiyle fazla miktarda karbondioksit (CO_2) ve metan (CH_4) gazlarının açığa çıkması, bu kaynağın kullanımını sürdürülebilirlik açısından tartışmalı hâle getirmiştir (Räsänen, 2023). Özellikle Avrupa'da yürürlüğe giren turba kullanımını azaltma politikaları, mantar endüstrisini de doğrudan etkileyen düzenlemeler olarak görülmektedir. Buna bağlı olarak, alternatif örtü materyallerine yönelik Ar-Ge çalışmaları küresel ölçekte hız kazanmıştır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, turba kullanımını azaltmak ya da tamamen kullanımını sonlandırmak amacıyla çeşitli alternatiflerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal özellikleri değerlendirmektedir. Bu alternatif materyallerin bir kısmı turbanın su tutma kapasitesini yakalayabilmekte; bazıları ise mikrobiyal aktivite açısından daha zengin bir ortam sağlayarak farklı avantajlar ortaya koyabilmektedir.

Bu bölümünde, beyaz şapkalı mantar üretiminde örtü toprağı kullanımının tarihsel gelişimi, temel fonksiyonları, turba kaynaklı sorunlar, olası alternatif materyaller ve geleceğe yönelik sürdürülebilirlik perspektifleri ayrıntılı olarak ele alınacaktır. Bölümün amacı hem araştırmacılara hem de sektöre yönelik bilimsel bir değerlendirme sunmak ve gelecekteki yenilikçi üretim modelleri için güçlü bir kaynak oluşturmaktır.

KÜLTÜR MANTARININ DÜNYA VE TÜRKİYE'DE ÜRETİM DURUMU

Mantar yetiştiriciliği tarihsel olarak mağara gibi basit ortamlarda başlamış, ancak zamanla teknolojik gelişmelerle birlikte daha kontrollü ve tam

otomasyonlu sistemlere evrilmiştir. Son yarım yüzyılda mantar üretimi küresel ölçekte hızlı bir ivme kazanmış, 1961 yılında yaklaşık 495 bin ton olan dünya mantar üretimi, günümüzde yaklaşık 50 milyon tonun üzerine çıkmıştır (FAO, 2025). 1998 yılından bu yana mantar üretiminde dünya lideri konumuna gelen Çin, günümüzde toplam küresel mantar üretiminin yaklaşık %94'ünü karşılamaktadır (Chang, 2005; Helgilibrary, 2022). Bu artış, mantar endüstrisinin dünya genelinde giderek stratejik bir tarımsal üretim kolu haline geldiğini göstermektedir. Mantar üretiminde önemli olan ülkeler Tablo 1.'de sunulmuştur.

Tablo 1. Dünya mantar üretim miktarı (FAO, 2025)

Ülkeler	**Üretim Miktarı**
Çin	47,149,438
Japonya	462,158
Hindistan	315,000
Amerika Birleşik Devletleri	302,390
Polonya	240,400
Hollanda	205,000
İspanya	163,920
Kanada	140,787
Fransa	94,505

Ülkemizde ise mantar yetiştiriciliği 1960'lı yıllarda küçük çaplı denemelerle başlamış, 1980'lerden itibaren ticari üretim boyutuna ulaşmıştır. (Günay ve Abak, 1976). Son 20 yılda üretim miktarı düzenli bir şekilde artmış ve 2024 yılı itibarıyla 75 bin ton seviyesine ulaşmıştır (TUİK, 2025). **"**Bu artışın temelinde, mantar yetiştiriciliğinin son yıllarda kırsal kalkınma politikaları kapsamında stratejik olarak desteklenen üretim alanlarından biri haline gelmesi yatmaktadır." Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme

Kurumu (TKDK) tarafından yürütülen IPARD programı çerçevesinde, bazı illerde mantar üretim tesislerinin kurulumu için %55 ile %65 oranında hibe desteği sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra Tarım ve Orman Bakanlığı da sera ve kapalı sistem mantar üretim tesislerinin inşası için %50'ye kadar hibe desteği sunmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024). Ayrıca, il müdürlükleri düzeyinde yürütülen programlarla kompost teminine yönelik %70'e varan destekler uygulanmaktadır (Ordu İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024). KOSGEB ise küçük ve orta ölçekli girişimciler için mantar yetiştiriciliğini destekleyen sektörler arasında değerlendirmektedir. (Hayger, 2025). Bu desteklerin temel amacı, modern üretim altyapısının yaygınlaştırılması, sürdürülebilir üretimin artırılması ve yerli mantar endüstrisinin rekabet gücünün yükseltilmesidir. Ancak kişi başına yıllık mantar tüketimi yaklaşık 996 gram ile sınırlı kalmış, bu da Avrupa ortalamasının (yaklaşık 3 kg) oldukça gerisinde yer almıştır (Pekşen ve Eren, 2024). Buna karşın üretim tarafında son yıllarda önemli bir büyüme gözlenmekte ve bazı iller öne çıkmaktadır. Türkiye'de en fazla mantar üretimi yapılan il Antalya olup, onu sırasıyla Ankara ve Isparta illeri takip etmektedir (TÜİK, 2024). Türkiye'de mantar üretim miktarlarının illere göre dağılımı Tablo 2.'de verilmiştir.

Tablo 2. Türkiye mantar üretiminin illere göre dağılımı (TÜİK, 2024)

İller	**Üretim miktarı**
Antalya	22,241
Ankara	13,686
Isparta	10,355
Afyon	6,725
Konya	3,107
İstanbul	2,450
Adana	2,211
Toplam (Genel)	**75,340**

Genel olarak değerlendirildiğinde, dünya mantar endüstrisi hızla büyümeye devam ederken hem beslenme hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir rol üstlenmektedir. Türkiye'nin de bu küresel üretim zincirinde daha güçlü bir konuma ulaşması, yenilikçi üretim teknolojileri, eğitim ve tüketici bilincinin artırılmasıyla mümkün olacaktır.

ÖRTÜ TOPRAĞININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Kültür mantarı yetiştiriciliğinde örtü toprağı olarak ilk dönemlerde kil, kireç ya da kilin farklı karışımlarından oluşan materyaller denenmiştir. Ancak 1950'li yıllardan itibaren, toprak kullanımına kıyasla daha yüksek ve daha istikrarlı verim elde edilmesi nedeniyle turba, örtü materyalinde temel bileşen olarak kullanılmaya başlanmıştır (Edwards & Flegg, 1953). Turba, sphagnum yosunlarının parçalanmasıyla oluşan organik bir materyaldir ve ayrışmış saz-otu ya da kamış-turba karışımlarına kıyasla üstün verimlilik sağlamaktadır (Noble & Gaze, 1995). Bu özellikleri sayesinde turba, uzun yıllar boyunca standart örtü ortamı olarak kabul görmüş ve modern mantar üretim sistemlerinin geliştirilmesinde önemli rol oynamıştır.

1960'lı yıllardan itibaren, Almanya'dan elde edilen siyah, ıslak turba toprağı Hollanda'daki raf tipi mantar işletmelerinde kullanılmaya başlanmış ve daha sonra İngiltere ve İskoçya'dan sağlanan benzer turba materyalleri İngiltere'de raf tipi yetiştiricilikte kullanım bulmuştur (Vedder, 1978). 1990'lı yıllara kadar Avrupa ve Avustralya'da, mantar yetiştiriciliğinde örtü toprağı olarak ağırlıklı biçimde Finlandiya menşeyli, açık renkli ve kurutulup öğütülmüş sphagnum turbaları tercih edilmiştir. Bunun yanı sıra, İrlanda ve Kanada gibi ülkelerin farklı bölgelerinden temin edilen öğütülmüş kahverengi turbalar da yaygın kullanım alanı bulmuştur (Noble & Gaze, 1995; Nair & Bradley, 1981; Huerta ve ark., 2001). Daha az ayrışmış yapıya sahip bu tür sphagnum turbaları, özellikle Kuzey Amerika'da örtü materyali olarak kullanılmaya devam etse de diğer bölgelerde zamanla çeşitli teknik ve ekonomik nedenlerle yerini daha fazla ayrışmış, genellikle ıslak olarak

çıkarılan koyu kahverengi veya siyah sphagnum turbalarına bırakmıştır. Bu dönemde kullanılan turba türlerinde gözlenen bu değişim ilerleyen yıllarda daha belirgin hale gelmiştir. 2000'li yıllardan itibaren, turbanın sınırlı bulunabilirliği, maliyet artışları ve çıkarım süreçlerinin çevresel etkilerine yönelik artan farkındalık, araştırmacıları ve üreticileri turba kullanımını azaltmaya yönlendirmiştir (Maher et al., 2000; Noble & Gaze, 1995). Bu dönemde, hindistan cevizi lifi (coir), vermikompost, kil, kompostlanmış kabuk materyalleri ve kullanılmış mantar kompostu (SMS) gibi alternatif materyallerin örtü tabakası bileşenleri olarak değerlendirildiği çalışmalar hız kazanmıştır (Pardo-Giménez et al., 2012). Bununla birlikte, turba hâlen dünya genelinde ticari mantar üretiminin büyük çoğunluğunda standart örtü materyali olma özelliğini sürdürmektedir. Günümüzde araştırmalar, turbanın fiziksel ve biyolojik özelliklerini taklit edebilen, çevreyle daha uyumlu ve ekonomik olarak sürdürülebilir alternatiflerin geliştirilmesine odaklanmış durumdadır. Böylece, örtü toprağının tarihsel gelişimi, yalnızca üretim tekniklerinin değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik ve çevresel sorumluluk anlayışının da evrimini yansıtan önemli bir süreç olarak değerlendirilmektedir.

KÜLTÜR MANTARINDA ÖRTÜ TOPRAĞININ ÖNEMİ

Örtü toprağı, kültür mantarı (*Agaricus bisporus*) yetiştiriciliğinde misel gelişimi ile meyve gövdesi (karpofor) oluşumu arasındaki geçiş sürecini düzenleyen temel bileşenlerden biridir. Kültür mantarı yetiştiriciliğinde, miselyumla sarılmış kompost yüzeyine serilen örtü tabakası, karpofor oluşumunu başlatan ve yönlendiren temel bir yetiştirme aşamasıdır. Örtü toprağı uygulanmadığında yalnızca sınırlı sayıda meyve gövdesi gelişmekte ve ticari üretim mümkün olmamaktadır (Flegg & Wood, 1985; Visscher, 1988).

Araştırmalar, yüksek verim ve kaliteli meyve gövdesi elde edilebilmesi için örtü toprağının yalnızca fiziksel bir örtü görevi görmesinin yeterli

olmadığını; aynı zamanda mikrobiyal açıdan aktif, kimyasal olarak dengeli ve mantarın generatif gelişimini destekleyen bir ortam olması gerektiğini göstermektedir (Kertesz & Thai, 2018; Pardo-Giménez et al., 2012). Kompost içerisinde vejetatif gelişimini tamamlayan misel, örtü tabakasına doğru ilerler ve bu aşamada örtü toprağının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, primordium (şapka taslağı) oluşumunu doğrudan etkiler. Örtü toprağı, komposttan çıkan karbondioksitin dış ortama kontrollü biçimde difüzyonunu sağlayarak ortamın CO_2/O_2 dengesini düzenler. Yüksek karbondioksit düzeyleri misel gelişimini teşvik ederken, oran düştüğünde karpofor (meyve gövdesi) gelişimi başlar. Dolayısıyla örtü tabakası, gaz değişiminin doğal bir düzenleyicisi gibi işlev görür (Noble & Gaze, 1995; Visscher, 1988). Aynı zamanda yüzeyden su kaybını sınırlayarak kompostun nem dengesini korur. Mantar miseli, meyve gövdesinin gelişimi için gerekli suyun büyük kısmını örtü toprağından alır; bu nedenle nem rejimi, verim ve kalite açısından kritik öneme sahiptir (Kalberer, 1985).

İyi bir örtü materyalinin, yüksek su tutma kapasitesine sahip olması ve aynı zamanda fazla suyu etkin şekilde drene edebilmesi gerekmektedir. Turba esaslı örtü karışımları, üretim boyunca gerekli nem dengesini sağlayabilen yüksek su tutma özelliği ve uygun porozite yapısı sayesinde bu koşulları başarıyla karşılamaktadır (Noble & Dobrovin-Pennington, 2001; Noble & Dobrovin-Pennington, 2004). Aşırı su birikimi, hava boşluklarını azaltarak oksijen difüzyonunu engeller ve anaerobik koşulların oluşmasına neden olur. Bu durum misel büyümesini yavaşlatır ve zararlı mikroorganizmaların gelişmesine zemin hazırlar. Ayrıca yüzeyde zamanla oluşabilen sert tabakalar, gaz değişimini kısıtlayarak misellerin boğulmasına yol açabilmektedir (Noble ve ark., 2022). Dolayısıyla ideal bir örtü toprağında su ve hava oranı arasında dinamik bir denge bulunmalıdır.

Örtü toprağının kimyasal bileşimi hem misel gelişimini hem de mikrobiyal aktiviteyi doğrudan etkiler. İdeal bir örtü toprağı, nötr veya hafif

alkali pH'a (7.0–8.0), düşük elektriksel iletkenliğe (EC ≤ 1.5 mS/cm) ve besin maddelerince fakir bir yapıya sahip olmalıdır. Özellikle yüksek tuzluluk ya da dengesiz pH koşulları, misel gelişimini zayıflatarak rekabetçi kontaminantların özellikle Trichoderma türlerinin kolonizasyonunu kolaylaştırabilir. Bu nedenle, örtü toprağı karışımlarında pH'nın stabil tutulması amacıyla çoğunlukla kalsiyum karbonat kullanılmaktadır (Pardo-Giménez et al., 2012). Turba temelli karışımlar bu açıdan avantajlıdır; çünkü doğal olarak besince fakir olmaları ve tamponlama kapasitelerinin yüksek olması, misel ve simbiyotik bakterilerin gelişimini desteklerken zararlı mikroorganizmaların rekabet gücünü sınırlar (Pardo-Giménez et al., 2012).

Mikrobiyal etkileşimler, örtü toprağının fizyolojik işlevleri kadar önemlidir. Mikroorganizmasız ortamlarda mantar meyve gövdesi oluşturamaz; bu durum, örtü toprağındaki mikroorganizmaların düzenleyici rolünü açıkça gösterir. Özellikle *Pseudomonas putida* gibi bakteriler, misel yüzeyinde kolonize olarak 1-okten-3-ol gibi uçucu bileşikleri parçalar ve primordium gelişimini teşvik eder (Hayes & Nair, 1974; Fermor ve ark., 2000). Bununla birlikte, örtü toprağı her zaman faydalı mikroorganizmaları barındırmaz. Özellikle toprak kökenli yeşil küf (*Trichoderma* spp.), kuru kabarcık (*Lecanicillium fungicola*), ıslak kabarcık (*Mycogone perniciosa*) gibi hastalık etmenleri deformasyon ve verim kaybına neden olabilir.

Özetle ideal örtü toprağı; yüksek su tutma kapasitesine, iyi drenaj ve hava geçirgenliğine sahip, nötr–hafif alkali pH'lı, tuzluluğu düşük, zararlı mikroorganizmalardan arındırılmış, faydalı mikrobiyal aktiviteyi destekleyen, homojen yapılı, ekonomik, çevre dostu ve sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen bir materyal olmalıdır.

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE TURBA KAYNAKLARI

Dünya Genelinde Turba Kaynakları ve Kullanım Durumu

Kültür mantarı yetiştiriciliğinde kullanılan turba, dünya genelinde yalnızca sınırlı sayıdaki üretici ülkeden temin edilebilmektedir. Bu ülkeler, genellikle geniş bataklık ve sulak alan ekosistemlerine sahip olmalarıyla dikkat çeker. Özellikle Almanya, Polonya, İrlanda, Baltık ülkeleri (Estonya, Letonya, Litvanya), Finlandiya ve Kanada, yüksek kaliteli turba üretiminde öne çıkan başlıca ülkelerdir (Noble et al., 2022).

Avrupa mantar endüstrisinin turba ihtiyacının önemli bir kısmı Almanya ve Polonya tarafından karşılanmaktadır. Bu iki ülke, kıtanın toplam turba tedarikinin yaklaşık %50'sini sağlamaktadır. Özellikle Polonya, yılda yaklaşık 700,000 m³ turba üretim kapasitesiyle Avrupa'nın en büyük üreticileri arasında yer almaktadır (European Mushroom Growers Group [GEPC], 2022; Noble ve ark., 2022).

İrlanda, 20. yüzyıl boyunca hem enerji hem de tarımsal amaçlı torf çıkarımında önde gelen merkezlerden biri olmuştur. Ancak, artan çevresel farkındalık ve habitat koruma politikaları sonucunda, İrlanda'da 2021 yılı itibarıyla turba üretiminde önde gelen Bord na Móna şirketi turba çıkarım faaliyetlerini tamamen durdurmuştur. Buna karşın, Kuzey İrlanda'da lisanslı küçük ölçekli sahalarda sınırlı üretim devam etmektedir. Bu bölgelerde elde edilen turba, hâlen Avrupa mantar üreticilerinin önemli bir kısmının ihtiyacınkarşılamaktadır (Noble et al., 2022).

Avrupa dışındaki önemli üreticilerden Kanada ve ABD, geniş turba yataklarına sahiptir. Bu ülkelerde üretilen turba genellikle kurutulmuş ve preslenmiş kahverengi turba formundadır. Bu turba, ABD mantar endüstrisinde yaygın biçimde kullanılmakla birlikte, Avrupa'da kullanılan ıslak turbalara göre daha düşük verim sağlamaktadır (Royse ve ark., 2017).

Asya kıtasında, özellikle Çin, yılda yaklaşık 2,5 milyon ton beyaz şapkalı mantar üretimiyle dünyanın en büyük üreticilerinden biridir. Ancak

Çin'de bu üretimin yalnızca üçte birinde turba bazlı örtü toprağı kullanılmakta; geri kalan kısmında ise nehir çamuru, pirinç kabuğu ve yerel organik materyal karışımları tercih edilmektedir. Bu yaklaşım hem yerel kaynakların değerlendirilmesini sağlamakta hem de dışa bağımlılığı azaltmaktadır (Singh ve ark., 2020).

Güney yarımkürede yer alan Avustralya ve Yeni Zelanda ise turba bakımından tamamen ithalata bağımlıdır. Avustralya'da kullanılan örtü toprağının neredeyse tamamı Avrupa menşelidir; küçük bir kısmı ise Kanada ve Baltık ülkelerinden tedarik edilmektedir. Yeni Zelanda'da, Güney Adası'nda çıkarılan yerel Sphagnum turbası, özellikle kahverengi kültür mantarı (Kestane mantarı) (*A. bisporus* var. *brunnescens*) üretiminde kullanılmakta; ancak su tutma kapasitesi bakımından ithal turba kalitesine ulaşamamaktadır (Noble et al., 2022).

Sonuç olarak, dünya genelinde turba kaynaklarının sınırlı olması, mantar endüstrisini belirli ülkelere bağımlı hâle getirmektedir. Bu durum hem tedarik zinciri risklerini hem de sürdürülebilir üretim arayışlarını giderek daha önemli bir konu hâline getirmiştir. Ralph Noble ve arkadaşları tarafından yayımlanan kapsamlı bir endüstri raporu, turba temelli örtü toprağı arzının orta vadede risk altında olduğunu ve alternatif materyallerin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Noble et al., 2022).

Türkiye'de Turba Kaynakları ve Kullanım Durumu

Türkiye'de turba (torf) kaynakları coğrafi ve iklimsel sınırlamalar nedeniyle oldukça kısıtlı olup, çeşitli illerde sınırlı nitelikte doğal turbalık alanlar bulunmaktadır. Bu sahalar ağırlıklı olarak Bolu, Afyonkarahisar, Eskişehir, Samsun, Burdur, Erzurum, Isparta ve Adıyaman illerinde rapor edilmiştir (Demirtaş, 2004; Sandıkçıoğlu & Uzun, 2023). 1998 yılı Dünya Enerji Konseyi verilerinde Türkiye'nin toplam turbalık alanı 56 bin hektar olarak bildirilmişken (TÜSİAD, 1998), daha sonra yapılan detaylı çalışmalar

bu alanın yaklaşık 25 bin hektara gerilediğini göstermiştir (Çolak & Günay, 2011). Daha güncel bir çalışmada ise Türkiye'deki turbalıkların %85 oranında bozulduğu ve toplam alanın yaklaşık 3 bin hektara kadar düştüğü belirtilmiştir (Hoş–Çebi & Korkmaz, 2015).

Türkiye'deki turba yataklarının büyük bölümü genç ve az ayrışmış yapıdadır. Bu nedenle su tutma kapasitesi, gözeneklilik ve fiziksel stabilite açısından Baltık ve Kuzey Avrupa menşeli olgun *Sphagnum* torflarına göre daha düşük performans sergiler (Sandıkçıoğlu & Uzun, 2023). Avrupa *Sphagnum* torfları tipik olarak pH 3–4 seviyesinde yüksek asidik karakter gösterirken, Türkiye'deki birçok turba sahasında pH daha yüksektir. Örneğin Adıyaman Gölbaşı Havzası'ndan elde edilen turba, pH 7.6, EC 199.5 µS/cm, %75 organik madde içeriği, %174 su tutma kapasitesi ve düşük hacim ağırlığı gibi özellikleriyle dikkat çekmekte olup, bu değerler bölgedeki turbaların genç, lifli ve yapısal olarak gevşek bir karaktere sahip olduğunu göstermektedir (Sandıkçıoğlu & Uzun, 2023).

Türkiye'de Turba Üretimi ve Dış Ticaret Verileri

TÜİK verilerine göre Türkiye'nin yıllık turba üretimi son yıllarda artış göstermiş olup, 2021 yılında 115,000 ton turba üretilmiştir (TÜİK, 2022). Ancak bu üretim iç talebi karşılamaya yetmediği için Türkiye önemli ölçüde turba ithal etmektedir.

2021 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye'nin toplam turba ithalatının %68'i tarımsal amaçlı torf sınıfında gerçekleşmiş olup, ithalatın büyük bölümü Estonya, Letonya, Litvanya, Finlandiya, Belarus ve Almanya gibi ülkelerden yapılmıştır (TÜİK, 2022). Aynı yıl Türkiye'nin turba ihracatı 7,739 ton olarak kaydedilmiş ve en fazla ihracat Irak, Kıbrıs ve Suriye'ye gerçekleştirilmiştir (International Trade Centre, 2022). Bu verilerle birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye'nin turba konusunda belirgin şekilde net

ithalatçı bir ülke konumunda olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin 2022 yılında torf ithalat miktarı ve ticaret değeri Tablo 3.'de verilmiştir.

Tablo 3. Türkiye Torf İthalat Miktarı ve Ticaret Değeri (TÜİK, 2022)

Ülke	Miktar (ton)	Ticaret Değeri (1000 USD)
Dünya (Toplam)	89,011	22,257
Estonya	30,441	7,689
Letonya	19,340	4,245
Litvanya	15,592	3,682
Finlandiya	12,127	3,548
Belarus	6,987	1,543
Almanya	2,941	793
Hollanda	1,414	695
Hindistan	72	24

Türkiye'de torfun çıkartılması Maden Kanunu kapsamında IV. Grup maden olarak değerlendirilir ve işletme yapmak için Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğün (MAPEG)'den 10 yıllık ruhsat alınması gerekir. Bunun yanında tüm turbalık sahalar için Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) raporu almak zorunludur.

TURBA KULLANIMININ ÇEVRESEL VE EKONOMİK BOYUTLARI

Turba çıkartma ve kullanımı, özellikle son yıllarda sürdürülebilir tarım politikaları ve iklim değişikliği bağlamında yoğun biçimde tartışılan konulardan biridir. Tartışmaların merkezinde turbalık alanların yüksek karbon depolama kapasiteleri, ekosistem bütünlüğü üzerindeki etkileri ve çıkartım sonrası ortaya çıkan uzun dönemli çevresel kayıplar bulunmaktadır. Dünya

yüzeyinin yalnızca küçük bir bölümünü oluşturmalarına rağmen turbalıklar, yeryüzündeki tüm ormanlardan daha fazla karbon depolamakta ve bu yönleriyle küresel karbon döngüsünde kritik bir rol oynamaktadır. Bu nedenle turba çıkarımı sırasında organik maddede biriken karbonun hızla atmosfere karbondioksit olarak salınması, iklim değişikliğiyle mücadele açısından ciddi bir risk oluşturmaktadır. Nitekim Avrupa Çevre Ajansı'nın (EEA) hesaplamaları, yalnızca AB ülkelerinde turba çıkarımı ve drenajına bağlı yıllık CO_2 eşdeğeri emisyonların yaklaşık 25 milyon tona ulaştığını ve bunun tarımsal kaynaklı toplam sera gazı salımının yaklaşık %5'ini oluşturduğunu göstermektedir (Hirschler ve ark., 2022).

Turbalıkların hidrolojik yapısı, çıkartma faaliyetlerinden ilk etkilenen bileşendir. Turba oluşumu, sürekli suya doygun koşullar gerektirir. Drenaj kanallarının açılmasıyla taban suyu seviyesi düştüğünde bu doğal denge bozulmakta, turba tabakası okside olmaya başlamaktadır. Bunun sonucunda organik maddenin ayrışma hızı artmakta, karbon depolama kapasitesi zayıflamakta ve turbalıklar birer karbon yutağı olmaktan çıkarak karbon kaynağına dönüşmektedir (Noble ve ark., 2022). Türkiye'deki Gölbaşı Havzası da bu dönüşümü açık biçimde ortaya koyan alanlardan biridir. Sandıkçıoğlu ve Uzun'un (2023) çalışması, havzada 2000–2020 yılları arasında yaklaşık 56 hektarlık turbalık alan kaybı yaşandığını ve bu alan daralmasının yaklaşık dörtte birinin doğrudan turba madenciliği ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Su rejimindeki bu değişiklikler yalnızca turba tabakasını değil, havzanın bağlı olduğu daha geniş ekosistem ağını da etkilemekte; göl ve bataklıkların kuruması, bölgesel su döngüsünün zayıflaması ve komşu ekosistemlerde kuraklık baskısının artması gibi sorunları bereberinde getirmektedir.

Turba çıkartmanun ekolojik etkileri yalnızca hidrolojik düzeyle sınırlı olmayıp biyoçeşitlilik üzerindeki kayıplar da belirgindir. Çıkarma sırasında üst örtünün sıyrılması, zeminin kazılması ve drenajın artırılması, özellikle

kuşlar, amfibiler ve böcekler için geri dönüşü zor habitat kayıplarına yol açmaktadır (Bragg & Lindsay, 2003; Noble ve ark., 2022). Gölbaşı Havzası örneğinde turbalık alanların daralmasıyla su kuşlarının barınma alanlarında önemli kayıplar yaşanmış, bataklık bitkilerinin dağılımında gerileme görülmüş ve bazı türlerin bölgede tamamen kaybolduğu bildirilmiştir (Sandıkçıoğlu & Uzun, 2023). Buna ek olarak sazlık alanların bilinçsiz yakılması, turba tabanının aşırı ısınmasına ve mikrohabitatların tamamen yok olmasına neden olmakta; bu durum ekosistemdeki bozulmayı derinleştirmektedir.

Toprak ve su kalitesi açısından bakıldığında turba çıkartımı sonrası alanların çoğu, ekonomik verimliliği düşük boş alanlara dönüşmektedir. Bu alanlarda durgun su birikmesi hem su kalitesinin bozulmasına hem de sivrisinek popülasyonlarının artmasına yol açmaktadır. Yerel halk, drenaj sonrası toprakların tarım ve otlatma için kullanılamaz hale geldiğini ve geçim kaynaklarının zarar gördüğünü belirtmektedir (Sandıkçıoğlu & Uzun, 2023). Ayrıca drenajın neden olduğu iyon dengesizliği, özellikle Ca ve Mg gibi bazı besin elementlerinin toprak profili boyunca düzensiz dağılmasına yol açarak çevredeki tarım alanlarının verimliliğini olumsuz etkilemektedir (Çolak & Günay, 2011).

Son yıllarda Avrupa'daki pek çok ülkede ve özellikle "Sorumlu Üretilmiş Turba" (Responsibly Produced Peat, RPP) girişiminin öncülüğünde çıkarım sonrası turbalıkların ekolojik işlevlerini yeniden kazanmasına yönelik rehabilitasyon uygulamaları yaygınlık kazanmaya başlamıştır. Bu çalışmalar drenaj kanallarının kapatılmasını, su seviyesinin yeniden yükseltilmesini ve *Sphagnum* türlerinin alana geri kazandırılmasını kapsamaktadır (RPP, 2023). Türkiye'de ise bu tür müdahalelerin henüz sınırlı ölçekte kaldığı, çoğu çıkartma alanının kendi hâline bırakıldığı ve doğal rejenerasyona terk edildiği görülmektedir.

Ekonomik açıdan bakıldığında turba, mantar yetiştiriciliğinde hâlâ maliyet yapısının en önemli bileşenlerinden biri olup toplam üretim giderlerinin yaklaşık %8–10'unu oluşturmaktadır. Ancak son beş yılda turba fiyatlarında belirgin bir artış yaşanmıştır. Avrupa mantar yetiştiriciliğinin sektörel temsil kuruluşu olan Avrupa Mantar Üreticileri Grubu (GEPC) tarafından yapılan değerlendirmeye göre, Avrupa'daki üreticilerin yaklaşık %70'i son yıllarda turba maliyetlerinde en az %30'luk bir artış yaşandığını bildirmiştir (Noble et al., 2022). Bu artışta turba çıkarım izinlerinin sınırlandırılması, lojistik ve enerji maliyetlerinin yükselmesi, ithalat bağımlılığı ve karbon vergisinin etkisi olmuştur.

Avrupa pazarındaki fiyat değişimleri bu süreci açıkça yansıtmaktadır. Almanya'da turbanın üretici teslim fiyatı 2020'de 48 €/m³ iken 2023'te 70 €/m³ düzeyine çıkmış; İrlanda'da çıkarım yasaklarının devreye girmesiyle arz ciddi biçimde azalmış ve fiyatlar iki katına yaklaşmıştır. Avrupa'daki arz daralması, örtü toprağını büyük oranda ithalat yoluyla temin eden Türkiye ve Avustralya gibi ülkelerde maliyet baskısını doğrudan artırmaktadır (Noble et al., 2022).

Türkiye'de 2024 yılı itibarıyla 1 m² üretim alanı başına turba kullanım maliyeti 2.5–3.0 € aralığındadır. Bu değer, kompost, enerji ve işçilik giderleriyle birlikte değerlendirildiğinde toplam üretim maliyetinin yaklaşık %9'una karşılık gelmektedir. Bu nedenle, artan girdi fiyatları üreticilerin kârlılığını azaltmakta ve sektörün uzun vadeli sürdürülebilirliği açısından önemli bir risk oluşturmaktadır. Turba bağımlılığının azaltılması ve maliyetlerin kontrol altına alınması, ancak yerli ve sürdürülebilir alternatif örtü materyallerinin geliştirilmesiyle mümkün görünmektedir.

GELECEK PERSPEKTİFİ: ALTERNATİF ÖRTÜ MATERYALLERİ

Son otuz yılda turba kullanımına yönelik çevresel ve ekonomik sınırlamaların artması, kültür mantarı yetiştiriciliğinde çok sayıda alternatif örtü materyalinin geliştirilmesine yol açmıştır. Bu araştırmaların temeli, 1970'lerde İngiltere ve İrlanda'da yürütülen öncü denemelere dayanmaktadır. Bu dönemde ağaç kabuk materyali (Allen, 1976), odun lifleri ile kâğıt sanayi artıklarının örtü toprağı olarak kullanılmasına yönelik ilk çalışmalar yapılmış; ancak bu materyallerin yeşil küf gibi rekabetçi mikroorganizmaların gelişimini teşvik etmesi nedeniyle uzun süreli kullanıma uygun olmadığı belirlenmiştir (Hayes et al., 1978; Staunton, 1982; Noble, 2011).

Bu erken dönem denemeler, ilerleyen yıllarda fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal açıdan turbanın özelliklerini taklit edebilecek sürdürülebilir karışımların geliştirilmesine yönelik kapsamlı bir araştırma alanı oluşmasını sağlamıştır. Günümüzde yürütülen çalışmalar; su tutma kapasitesi yüksek, gözenek yapısı uygun, hava-su dengesi kontrollü ve mikrobiyal aktivite bakımından stabil materyaller üretmeye odaklanmaktadır. Literatürde öne çıkan seçenekler arasında kullanılmış mantar kompostu (SMS), kokopit, zeolit ve diğer kil mineralleri, ayrıca organik artıkların kompostlanmasıyla elde edilen karışımlar yer almaktadır (Taparia ve ark., 2021; Noble ve ark., 2022).

Bunun yanında bazı Avrupa ülkelerinde mısır sapları, bitkisel lifler ve biyoteknolojik süreçlerle işlenen yeşil atıklar da turba ikamesi olarak değerlendirilen yenilikçi materyaller arasına girmiştir. Günümüzde üzerinde çalışılan başlıca alternatif organik materyaller Tablo 4.'de verilmiştir.

Tablo 4. Bazı Alternatif Örtü Materyallerin Avantaj ve Dezavantajları

Materyal	**Avantajları**	**Dezavantajları**	**Kaynaklar**
Kabuk (Bark)	Kolay temin, düşük maliyet	Küf oluşumu, düzensiz yapı	Allen (1976), Staunton (1982)
Kokopit (Coir)	Yüksek su tutma kapasitesi	Tuz içeriği, maliyet	Labuschagne et al. (1995)
Kağıt artıkları	Su tutma, yaygın kaynak	Kirlenme riski, kalıp oluşumu	Hayes et al. (1978)
Kullanılmış mantar kompostu (SMC)	Düşük maliyet, geri dönüşüm	Yüksek EC, yeniden kompostlama gereği	Barry et al. (2008), Rowley & Burdon (2019)
Yeşil artık kompostu	Su tutma ve maliyet avantajı	Tuzluluk, patojen riski	Noble & Dobrovin-P (2016a)
Gümüş otu (*Miscanthus* spp) ve ahşap lifleri	Düşük yoğunluk, yenilenebilir kaynak	Su tutma zayıf, yüksek maliyet	Samp & De Santis (2022)
Biochar (biyokömür)	Karbon sekestrasyonu, stabilite	Üretim maliyeti yüksek	Young et al. (2023)

Türkiye'de yürütülen araştırmalar da bu küresel eğilime paralel bir gelişim göstermektedir. Yerli torf kaynaklarının kısıtlı olması ve artan ithalat bağımlılığı, sürdürülebilir yerli alternatiflerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda Polat ve Önel (2021) tarafından geliştirilen ve 2019/09514 başvuru numarası ile 23/06/2025 tarihinde Türk Patent ve Marka Kurumu tarafından tescillenen perlit–vermikompost esaslı örtü materyali, turba temelli klasik örtü toprağına kıyasla hem verim hem de ürün kalitesi açısından anlamlı üstünlük sağlamasıyla dikkat çekmektedir. Özellikle A sınıfı meyve oranındaki belirgin artış, bu materyalin turba kullanımını azaltma

potansiyelini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, söz konusu yenilikçi materyalin Türkiye genelinde kullanımının henüz yaygınlaşmamış olması, ticari üretim kapasitesinin artırılması, saha denemelerinin genişletilmesi ve elde edilen bulguların sektör paydaşlarıyla etkin bir şekilde paylaşılması gerekliliğini gündeme getirmektedir. Bu gelişmelerin sağlanması, örtü toprağı tedarik zincirindeki dışa bağımlılığın azaltılmasına ve çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesine önemli katkılar sunacaktır.

SONUÇ

Küresel iklim değişikliği ve buna yönelik sürdürülen politik kararlar ışığında, global anlamda mantar yetiştiriciliğinde kullanılan turba materyaline alternatif bir örtü materyali geliştirmek giderek daha kritik bir gereklilik hâline gelmektedir. Bu gereklilik yalnızca turba kaynaklarının ekolojik baskılar altında hızla azalmasından değil, aynı zamanda yetiştiriciliğin sürdürülebilirliğini tehdit eden ekonomik dalgalanmalar, artan tedarik bağımlılığı ve karbon nötr üretime geçiş zorunluluğundan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, yerli ve yenilenebilir bileşenler kullanılarak geliştirilecek alternatif örtü materyallerinin kullanımı sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır. Söz konusu alternatiflerin yaygınlaştırılması ise ancak bilimsel veriye dayalı saha çalışmaları, üretici eğitimleri ve sektör içi iş birlikleri ile mümkün olacaktır. Bu sayede hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik dirençlilik güçlendirilecektir.

Bu çerçevede Türkiye'de geliştirilen ve patentle koruma altına alınan perlit–vermikompost esaslı örtü materyali hem çevresel baskıları azaltma potansiyeli hem de yüksek verim ve kaliteye yönelik performansıyla ulusal ölçekte önemli bir yenilikçi adım olarak ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin sektörel kaynaklara göre dünya perlit rezervlerinin yaklaşık %70'ine sahip olması, bu alternatif örtü materyalinin tedarik güvenliğini, sürdürülebilirliğini ve homojen bir üretim potansiyelini önemli ölçüde artırmaktadır (USGS,

2004). Bu materyalin farklı üreticiler tarafından yapılacak denemeleri ile desteklenmesi ve sektör paydaşlarına bilimsel bulgular ışığında tanıtılması, Türkiye'nin örtü toprağı tedarik zincirinde dışa bağımlılığının azaltılması açısından stratejik bir fırsat sunmaktadır. Yerli ve sürdürülebilir kaynaklara dayalı bu yaklaşım, yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda ekolojik olarak da mantar yetiştiriciliğinde dönüşüm yaratabilecek niteliktedir.

Sonuç olarak, küresel ölçekte turba kaynaklarının hızla azalması ve sürdürülebilirlik baskısının artması, mantar yetiştiriciliğinde örtü toprağı anlayışının yeniden tanımlanmasını zorunlu kılmaktadır. Türkiye'nin kendi patentli alternatifini geliştirmiş olması, yalnızca yerel bir bilimsel başarı değil, aynı zamanda küresel sektörün geleceğine dair güçlü bir vizyonun ifadesidir. Bu vizyonun hayata geçebilmesi ise yenilikçi materyallerin cesurca denenmesine, bilimsel veriye dayalı karar almaya ve üretim modellerimizi çevresel gerçeklerle uyumlu hâle getirme kararlılığımıza bağlıdır.

KAYNAKÇA

Allen PG (1976) Casing variables – plastic tunnels. *Mushroom Journal* 37: 22-29.

Barry, J., Grant, J., Doyle, O. & Grogan, H. (2008). Partial substitution of peat with spent mushroom substrate in peat-based casing blends. In M. van Gruening (Ed.), Science and Cultivation of Edible and Medicinal Fungi: Proceedings of the 17th International Congress of the International Society for Mushroom Science (pp. 288–309). South African Mushroom Farmers Association.*Biology and Technology of the Cultivated Mushroom*. John Wiley & Sons, Ltd.: Chichester, UK, pp. 141–177.

Bragg, O., & Lindsay, R. (2003). Strategy and action plan for mire and peatland conservation in Central Europe. Wetlands International. Erişim adresi: https://repository.uel.ac.uk/download/a15975c835ce7ba86d935b6d6fa17342094c74e76e68c0ce0ba9df4ca0c5de91/2925991/WI_CEPP_2003.pdfChang ST. (2005). Witnessing the development of the mushroom industry in China. Acta Edulis Fungi 12 (Supplement):3–19.

Çolak, A. H., & Günay, T. (2011). Gizemli yaşam alanları olarak turbalıklar (El kitabı). Rota Yayın Yapım Tanıtım.Demirtaş, İ. E. (2004). Kentsel katı atık kompostunun tarımda kullanımı. *Derim, 21*(2), 27–34.

Edwards, R. L., & Flegg, P. B. (1953). Cropping experiments on casing soil. Annual Report of the Mushroom Research Station, 1953, 20–29.

FAO (2025). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. http://faostat.fao.org/

Flegg, P. B., & Wood, D. A. (1985). Growth and fruiting. In P. B. Flegg, D. M. Spencer, & D. A. Wood (Eds.), The biology and technology of the cultivated mushroom (pp. 141–177). John Wiley & Sons.

Günay, A., & Abak, K. (1976). Yemeklik mantarın botanik özellikleri ve tarımı. In Türkiye 1. Yemeklik Mantar Kongresi (pp. 1–11). Yalova.

Hayes, W. A., Yeo, S. G., Cresswell, P. A., & Jakeman, K. J. (1978). Paper and pulp mill by-product as a casing medium for mushroom culture. Mushroom Journal, 62, 38–44.

Hayger. (2025). Mantar yetiştiriciliğine devlet hibe ve kredi imkânları. https://www.hayger.com

HelgiLibrary. (2022). Global mushroom production statistics. https://www.helgilibrary.com

Hirschler, O., Osterburg, B., Weimar, H., Glasenapp, S., & Ohmes, M.-F. (2022). Availability of bio-based alternative materials (Thünen Working Paper No. 190). Thünen Institute.

Hoş-Çebi, F., & Korkmaz, S. (2015). Organic geochemistry of Ağaçbaşı Yayla peat deposits, Köprübaşı/Trabzon, NE Turkey. International Journal of Coal Geology, 146, 155–165. https://doi.org/10.1016/j.coal.2015.05.007

Huerta, F., Spaulding, T., & Kelly, C. (2001). Investigations on casing soils with a high mineral content. Mushroom News, 49(3), 6–15.

International Trade Centre (ITC). (2022). Trade Map – International trade statistics. https://www.trademap.org/

Kalberer, P. P. (1985). Influence of the depth of the casing layer on the water extraction from casing soil and substrate by the sporophores, on the yield and on the dry matter content of the fruit bodies of the first three flushes of the cultivated mushroom, Agaricus bisporus. Scientia Horticulturae, 27(1), 33–43. https://doi.org/10.1016/0304-4238(85)90141-2

Kertesz, M. A., & Thai, M. (2018). Compost bacteria and fungi that influence growth and development of Agaricus bisporus and other commercial mushrooms. Applied Microbiology and Biotechnology, 102, 1639–1646. https://doi.org/10.1007/s00253-018-8777-z

Labuschagne, P., Eicker, A., & van Greuning, L. (1995). Casing mediums for Agaricus bisporus cultivation in South Africa: A preliminary report. In T. J. Elliott (Ed.), Mushroom Science XIV (Part 1, pp. 339–346). International Society for Mushroom Science.

Maher, M. J., Smyth, S., Dodd, V. A., McCabe, T., Magette, W. L., Duggan, J., & Hennerty, M. J. (2000). Managing spent mushroom compost. Mushroom News, 49(10), 4–9.

Nair, N. G., & Bradley, J. K. (1981). Recycling waste plant products as casing materials in mushroom culture. In C. V. Ramanathan (Ed.), Mushroom Science XI (Vol. 1, pp. 147–152). International Society for Mushroom Science.

Noble, R. (2011). Mushrooms: Desk study/literature review of the potential alternative materials to peat in mushroom casing (Final report, M55). Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB) / Horticultural Development Company (HDC).

Noble, R., & Dobrovin-Pennington, A. (2001). Research review (7): A case for peat substitution. Mushroom Journal, 622, 24–26.

Noble, R., & Dobrovin-Pennington, A. (2004). Use of fine particle tailings in mushroom casing. In J. E. Sánchez (Ed.), Mushroom Science XVI (pp. 335–342). International Society for Mushroom Science (ISMS).

Noble, R., & Dobrovin-Pennington, A. (2016). Developing alternatives to peat in casing materials for mushroom production (Final report, M60). AHDB Horticulture.

Noble, R., & Gaze, R. H. (1995). Properties and management of peat casing in mushroom production. Horticultural Development Council (HDC) / Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF).

Noble, R., & Gaze, R. H. (1995). Properties of casing peat and additives and their influence on mushroom yield and quality. In T. J. Elliott (Ed.), Mushroom Science XIV (Vol. 1, pp. 305–312). International Society for Mushroom Science (ISMS).

Noble, R., Grogan, H., Corbett, E., & Seymour, G. (2022). The future of casing: Review of casing materials and availability of peat for mushroom cultivation. Microbiotech Ltd.; Teagasc; International Society for Mushroom Science (ISMS).

Ordu İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. (2024). Mantar üretim tesislerine kompost alımına %70 hibe. https://ordu.tarimorman.gov.tr

Pardo-Giménez, A., Zied, D. C., & Pardo-González, J. E. (2012). The use of peat as casing material in mushroom cultivation. In C. Draguhn & N. Ciantiumbi (Eds.), Peat: Formation, uses and biological effects (pp. 57–95). Nova Science Publishers.

Pekşen, A., & Eren, E. (2024). Dünyada ve Türkiye'de mantar sektörü ve sürdürülebilirlik. Mantar Dergisi, 15(Özel sayı), 49–65.

Polat, E., & Önel, Ö. (2021). An alternative new casing material in the production of Agaricus bisporus. Mediterranean Agricultural Sciences, 34(3), 261–266. https://doi.org/10.29136/mediterranean.971682

Rowley, C., & Burdon, J. (2019). Using spent mushroom compost as a casing amendment. Australian Mushroom Journal, 2019, 37–41.

Royse, D. J., Baars, J., & Tan, Q. (2017). Current overview of mushroom production in the world. In D. C. Zied & A. Pardo-Giménez (Eds.), Edible and medicinal mushrooms: Technology and applications (pp. 5–13). John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch2

RPP. (2023). Responsibly Produced Peat: Sustainability and after-use restoration guidelines. RPP Certification Scheme.

Samp, R., & De Santis, G. (2022). Peat shortfall and how to deal with it. Mushroom Business, 115, 26–31.

Sandıkçıoğlu, M., & Uzun, A. (2023). Gölbaşı Havzası turbalıklarının alansal ve zamansal değişimi, Adıyaman/Türkiye. Coğrafi Bilimler Dergisi (Turkish Journal of Geographical Sciences), 21(2), 277–305. https://doi.org/10.33688/aucbd.1469357

Singh, M., Kamal, S., & Sharma, V. P. (2020). Status and trends in world mushroom production–III: World production of different mushroom species in the 21st century. Mushroom Research, 29(2), 75–111. https://doi.org/10.360/MR.29.2.2020.113703

Staunton, L. (1982). Mushrooms. In Horticulture research report (p. 21). An Foras Taluntais.

Taparia, T., Hendrix, E., Nijhuis, E., de Boer, W., & van der Wolf, J. (2021). Circular alternatives to peat growing media: A microbiome perspective. Journal of Cleaner Production, 327, 129375. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129375

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024). Ülkemizde kültür mantarı üretimi giderek artıyor. https://www.turktarim.gov.tr

Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD). (1998). 21. yüzyıla girerken Türkiye'nin enerji stratejisinin değerlendirilmesi. https://tusiad.org/tr/tum/item/1846-21--yuzyila-girerken-T%C3%BCrkiye-nin-enerji-stratejisinin-degerlendirilmesi

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2022). TÜİK veri portalı. https://data.tuik.gov.tr

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). Türkiye İstatistik Kurumu. https://www.tuik.gov.tr

U.S. Geological Survey. (2004). Perlite. In Mineral commodity summaries 2004 (pp. 120–121). U.S. Department of the Interior. https://pubs.usgs.gov

Vedder, P. J. C. (1978). Modern mushroom growing. Educaboek.

Visscher, H. R. (1988). Casing soil. In L. J. L. D. van Griensven (Ed.), The cultivation of mushrooms (pp. 73–89). Interlingua T.T.I. Ltd.

Young, G., Gernon, D., Grogan, H., Walsh, L., Schmidt, O., & Tracy, S. (2023). Supporting a sustainable transition away from peat-use in mushroom cultivation [Poster presentation]. 2023 Mushroom Days Exhibition, Den Bosch, The Netherlands.

BÖLÜM 15

Lilium Oriental cv. 'Casa Blanca'nın SÜS BİTKİSİ OLARAK KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi İlknur ESKİMEZ[22]

DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18118216

[22] Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye. ilknureskimez@ isparta.edu.tr, orcid id: 0000-0003-4443-505X

1. GİRİŞ

Zambaklar (*Lilium* spp.) ile ilgili tarihi kayıtlar, bu bitkinin MÖ. binlerce yıl öncesinde eski Girit uygarlığında Knossos'ta yetiştirildiğini göstermektedir (Wilson ve ark., 1981). Ayrıca Mısırlıların cenaze törenlerinde çelenk yapımında zambak kullandıkları, Romalıların ise nergis ve sümbül ile birlikte zambağı saray bahçelerinde yetiştirerek çeşitli ritüellerde değerlendirdikleri bilinmektedir (Wilson ve ark., 1981; Uzun, 1984). Yaklaşık 5000 yıl öncesine ait Sümer tabletlerinde, İran'daki Susa kentinin zambak tarlalarıyla çevrili olduğu ve kentin adını bu bitkiden aldığı belirtilmiştir (Uzun, 1984). Günümüzde zambaklar, kesme çiçek, parfümeri ve tıbbi amaçlı olarak farklı alanlarda ticari olarak kullanılmaktadır (Baytop, 1984; Saifullah ve ark., 2010). Zambaklar içerisinde *Lilium candidum*'un soğan ve çiçeklerinden elde edilen etanol özlerinden ise çeşitli saponin bileşiklerinin izole edildiği rapor edilmiştir (Haladova ve ark., 2011). *Lilium candidum* özütü, halk hekimliğinde yanık, ülser ve iltihapların tedavisinde ve yaraların iyileştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Kopaskova ve ark., 2012; Özen, 2012; Özbek, 2024).

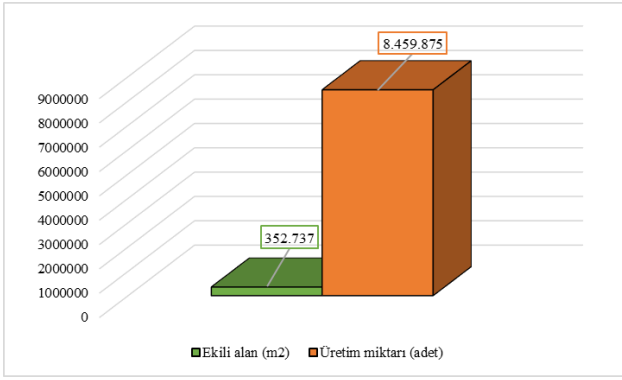
Lilyum cinsi, farklı melez gruplarına ait binlerce çeşidi bünyesinde barındırmakta olup, dünya genelinde en yaygın soğanlı süs bitkileri arasında yer almaktadır (Crockett, 1971; Van Tuyl ve Arens, 2010). Özellikle Asiatik ve Oriental melezler, uluslararası pazarda yüksek talep görmektedir. Son yıllarda bu talepteki artış, zambak üretiminde hızlı bir büyümeyi de beraberinde getirmiştir. Islah çalışmalarındaki ilerlemeler sayesinde çeşitlerde önemli değişimler gözlemlenmiştir; Asiatik melezlerin yerini LA (*L. longiflorum* × *Asiatik*), Oriental melezlerin yerini OT (*Oriental* × *Trumpet*) ve Longiflorumların yerini LO (*Longiflorum* × *Oriental*) melezleri almaya başlamıştır. Bu yeni melezler, türler arası hibritizasyon yoluyla elde edilmiştir. Asiatik ve Oriental melez grupları genellikle "Renkli Zambaklar" olarak adlandırılmakta ve hem kesme çiçek hem de saksılı bitki olarak ticari üretimde

değerlendirilmektedir; ayrıca açık alanlarda süs bitkisi olarak da kullanılabilmektedir (Zhou et al., 2008; Karagüzel ve Kahraman, 2023). Özellikle ABD ve Kanada'da, Asiatik ve Oriental zambaklar kesme çiçek üretimi amacıyla büyük ölçüde açık alanlarda yetiştirilmektedir (Karagüzel ve Kahraman, 2023).

Son yıllarda zambak yetiştiriciliğinin temel amacı, Longiflorum, Asiatik ve Oriental gruplarını bir araya getirerek daha geniş bir genetik ve morfolojik çeşitlilik sunmaktır. Bu kapsamda, Longiflorum × Asiatik melezleri son on yıldır pazarda öne çıkmaktadır; bunun nedeni, uzun bitki boyu, yukarıya bakan dayanıklı çiçekleri, uzun çiçek sapları, erken çiçeklenme ve Oriental melezlerinde bulunmayan hoş kokusudur (Miller, 2016; Karagüzel ve Kahraman, 2023). Özellikle kesme çiçek üretimi açısından bu özellikler, kalite ve dayanıklılığı artırarak ticari değeri yükseltmektedir. Ülkemizin zengin biyoçeşitliliğinin korunması ve ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından, Ar-Ge çalışmaları üretim sürecinde büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle, ilgili türlerin ıslah ve çoğaltma çalışmaları kapsamında muhafaza edilmesi ve kesme çiçekçilik uygulamalarında etkin biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir (Olate ve Schiappacasse, 2012).

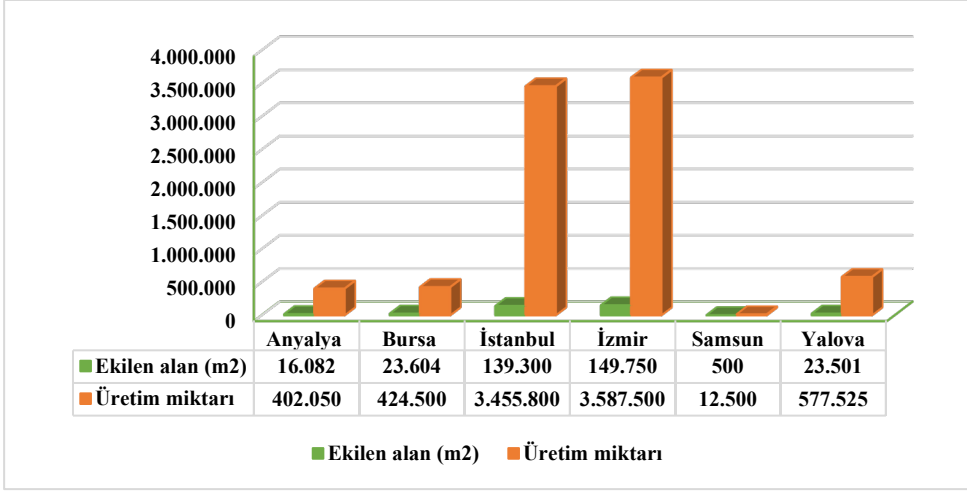
2024 yılı TÜİK verilerine göre, Türkiye'de kesme çiçek üretiminde en fazla üretim miktarı (adet) karanfil (889.334.480) ile gerçekleşmiş olup, bunu gerbera (105.294.120) ve kasımpatı (79.674.550) takip etmektedir (Grafik 1). Diğer öne çıkan kesme çiçek türleri arasında lilyum, gypsophila, glayöl, orkide ve anemon yer almaktadır. Bu türler arasında lilyum, 8.459.875 adetlik üretim miktarı ile beşinci sırada konumlanmaktadır (TÜİK, 2024).

Grafik 1. Türkiye'de 2024 yılı itibarıyla, kesme çiçek olarak lilyum üretimi (TÜİK, 2024).



Grafik 2'de, 2024 yılı itibarıyla Türkiye'de illere göre kesme çiçek olarak lilyum üretimi verilmiştir (TÜİK, 2024). Buna göre, en fazla üretim İzmir (3.587.500 adet) ve İstanbul (3.455.800 adet) illerinde gerçekleşirken, ekilen alan bakımından da yine İzmir (149.750 m²) ve İstanbul (139.300 m²) illeri ön plana çıkmaktadır (TÜİK, 2024).

Grafik 2. İllere göre, 2024 yılı itibarıyla, kesme çiçek olarak lilyum üretimi (TÜİK, 2024).



	Anyalya	Bursa	İstanbul	İzmir	Samsun	Yalova
Ekilen alan (m2)	16.082	23.604	139.300	149.750	500	23.501
Üretim miktarı	402.050	424.500	3.455.800	3.587.500	12.500	577.525

2. *Lilium* spp.'nin SİSTEMATİKTEKİ YERİ VE DÜNYA ÜZERİNDEKİ YAYILIŞ ALANLARI

Lilium Oriental cv. 'Casa Blanca'nın sistematikteki yeri şu şekildedir (EPPO, 2025).

Alem: Plantae

Alt sınıf: Spermatophyta

Şube: Angiospermae

Sınıf: Monocotyledoneae (Liliopsida)

Alt Familya: Liliidae

Takım: Liliales

Familya: Liliaceae

Cins: *Lilium*

Lilium cinsi, 180'den fazla türü bünyesinde barındırmakta olup, dünya genelinde 10°–60° kuzey enlemleri arasında doğal olarak dağılım göstermektedir. Bu cins, özellikle Avrupa, Güneydoğu Asya (özellikle Çin, Kore ve Japonya) ve Kuzey Amerika'nın ılıman bölgelerinde yaygın olarak yetişmektedir (Şekil 1) (Fornaris ve ark., 2010; Wu ve ark., 2012).



Şekil 1. *Lilium* spp. cinsinin dünya genelindeki doğal yayılış alanları (Xaver, 2012)

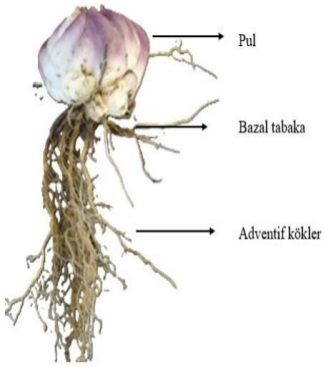
Çizelge 1'de Zambak tür/çeşitlerinin orijinleri verilmiştir. Buna göre Doğu hibritleri grubuna dahil olan *Lilium* Oriental Hybrid, *Lilium auratum*, *Lilium speciosum* ve *Lilium rubellum* türlerinin melezlenmesiyle elde edilmiştir (Anonim, 2024a; Eskimez, 2025).

Çizelge 1. Zambak tür/çeşitlerinin orijinleri (Anderson, 2007; Karagüzel ve Kahraman, 2023)

Tür/Çeşitler	Orijinleri
Lilium	Asya, Avrupa, Kuzey Amerika
Amerikan melezleri	Kuzey Amerika
Asiatik melezler	Doğru Asya
Candidum melezler	Avrupa
Longiflorum melezler	Doğu Asya
Martagon melezler	Doğu Asya, Avrupa
Oriental melezler	Doğu Asya
Tiger (*L. lancifolium, L. tigrinum*)	Doğu Asya
Trompet melezleri	Doğu Asya

3: MORJOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Lilium spp., 90-120 cm'ye kadar boylanabilen, soğanlı ve çok yıllık bir bitkidir. Bitki, beyazımsı renkte, etli ve sulu yaprak pullarından oluşan, oval şekilli bir soğana sahiptir. Soğan yaprakları mızraksıdan şeritsi-mızraksı forma kadar değişkenlik göstermekte olup birbirinden ayrık yapıdadır (Mammadov ve ark., 2017; North Carolina Cooperative Extension, 2025). Zambak soğanı, çiçek sapı üzerine sarılmış bazal bir tabakaya sahip olup, bu tabaka etrafında pullarla korunmaktadır (Şekil 2) (Anonim, 2019; Eskimez, 2025).



Şekil 2. Zambak soğanının genel yapısı (Anonim, 2019)

Gövde rengi açık yeşilden sarımsı yeşile kadar değişmekte ve gövde boyunca yapraklı bir yapı sergilemektedir (Şekil 3). Bazal yapraklar sonbaharda gelişmekte ve kış mevsimi boyunca varlığını sürdürmektedir. Bu yapraklar parlak yeşil renkte, ters mızraksı formda, 2–6 cm genişliğinde ve 4–20 cm uzunluğundadır. Gövde yaprakları ise bazal yapraklara kıyasla daha kısa olup almaçlı diziliş gösterir; geniş mızraksıdan şeritsi-mızraksı forma kadar değişmekte ve 0,5–25 mm genişliğinde, 2–5 cm uzunluğundadır (Mammadov ve ark., 2017; Pirhan ve ark., 2024).



Şekil 3. Zambak soğanlarında farklı büyüme evreleri (sağdan sola doğru 1–5 yıllık soğanlar) (Anonim, 2025b).

Lilium cv. ‘Casa Blanca’, Liliaceae familyasına ait bir Oriental lily hibridi olup, rengi genellikle saf beyaz olup, tabanda hafif krem veya sarımsı tonlar görülebilir (Şekil 4). Tek bir sap üzerinde genellikle 6–8 adet çiçek açan bu çeşitte, çiçekler yaklaşık 20–25 cm çapında olup kase biçiminde ve tepeleri hafifçe geri kıvrılmış bir yapıya sahiptir. Botanik olarak, ‘Casa Blanca’ lilyumunun çiçekleri altı tepalden oluşur; bu tepal yapısı çanak ve taç yapraklarının birleşmiş formunu temsil eder (Güven ve ark., 2014; Anonim, 2025de). Çiçeğin erkek organlarını oluşturan altı stamen, kontrast renkli kızıl-kahverengi anterler taşırken, dişi organ ise ortada konumlanmış bir stigma ve stil ile temsil edilir; ovaryum ise üst konumlu (superior) olup tozlaşma ve döllenme süreçlerinde işlev görmektedir. Çiçeklenme süresi çevresel koşullara bağlı olarak 4–11 gün arasında değişmektedir. Kesim sonrası dayanıklılığı sınırlı olan bu çeşit, etilene duyarlılığı nedeniyle depolama ve pazarlama aşamalarında anti-etilen uygulamaları gerektirmektedir (Güven ve ark., 2014; Anonim, 2024a; Anonim, 2025a)



Şekil 4. Çiçek yapısı (Anonim, 2025a)

Meyve kapsül tipinde olup armutsudan yuvarlağımsı forma kadar değişkenlik gösterir ve üç lobludur (Şekil 5). Olgunlaşma sürecinde parlak sarımsı yeşil renkte olan kapsül, tam olgunlukta sarımsıdan sarımsı kahverengiye dönüşmektedir. Her kapsülde 30–120 adet tohum bulunmaktadır. Tohumlar kahverengi, yassı, kâğıtsı yapıda ve kenarları ince zarımsı yapıdadır. Bitki, çiçeklenme döneminde oldukça belirgin, hoş ve keskin bir kokuya sahiptir (Khan ve ark., 2010; Pirhan ve ark., 2014; Anonim, 2025c).



Şekil 5. Tohum yapısı (Anonim, 2025c)

4. *Lilium* spp.'nin YETİŞTİRİLMESİ VE ÇOĞALTMA YÖNTEMLERİ

Lilium spp., süs bitkileri açısından önemli bir yere sahiptir. Bu bağlamda bu türün etkin bir şekilde yetiştirilmesi ve çoğaltılması, yüksek kaliteli bitki materyalinin sağlanması, genetik çeşitliliğin korunması ve ticari verimliliğin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır (Ruffoni ve ark., 2011; Eskimez ve ark., 2024).

Çizelge 2 incelendiğinde, *Lilium* spp.'nin fenolojik gelişiminin mevsimsel koşullarla uyumlu olarak sonbaharda soğan dikimiyle başladığı, ilkbahar ve erken yaz döneminde vejetatif gelişim ve çiçeklenmenin gerçekleştiği ve sonbahar aylarında yer üstü kısımlarının kuruyarak dinlenme dönemine girdiği görülmektedir (Boeckmann, 2020; Anonim, 2025de).

Optimum ekim derinliği türe bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, soğanlar genellikle tam veya kısmi güneş ışığı alan, iyi drene edilmiş ve gözenekli topraklara, soğanın kendi yüksekliğinin yaklaşık 2,5 katı derinliğe yerleştirilir. İyi drenaj, çürümenin önlenmesi ve sağlıklı kök ile güçlü sürgün gelişiminin desteklenmesi açısından kritik öneme sahiptir (Boeckmann, 2020; Anonim, 2025de). Bitkinin canlılığının devam ettirilmesi açısından nem ve hastalık kontrolü oldukça önemlidir. Öte yandan, sıcaklık ve fotoperiyot gibi çevresel faktörler, bitkinin gelişimi ve çiçeklenme yoğunluğunu belirleyici etkenler olarak öne çıkmaktadır.

Çizelge 2. *Lilium* spp.'nin fenolojik dönemleri ve dikim zamanı (Boeckmann, 2020; Anonim, 2025de).

Soğan dikimi	Eylül – Kasım
İlk yaprak gelişimi	Mart
Gövde ve gövde yapraklarının gelişimi	Mayıs – Haziran
Çiçeklenme	Temmuz – Ağustos
Bazal yaprakların kuruması	Ağustos – Eylül
Tohum olgunlaşması	Ağustos – Eylül
Toprak üstü kısmın kuruması	Eylül – Ekim

Zambaklarda çoğaltma, generatif (tohumla) veya vejetatif yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Vejetatif çoğaltma yöntemleri arasında özellikle soğan pullarının ayrılması ve doku kültürü teknikleri kullanılmaktadır. Ticari üretimde, soğan pullarının kasalar içinde ayrılarak çoğaltılması yaygın bir uygulamadır. Örneğin, Hollanda'da ticari üretimde zambaklar büyük ölçüde kasalar içinde yetiştirilmekte ve bu yöntemle çoğaltılmaktadır (Ruffoni ve ark., 2010; Ruffoni ve ark., 2011).



Şekil 6. Soğan pullarının ayrılmasıyla oluşan soğancıklar (Eskimez ve Polat, 2025; Anonim, 2025b)

Bu yöntemler arasında, soğan pullarının ana soğandan ayrılmasıyla elde edilen soğancıklar, uygun nem ve sıcaklık koşulları altında gelişim göstererek vejetatif çoğaltmada etkin bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Şekil 6). Özellikle pul yapraklardan elde edilen Oriental lilyumlar, yaklaşık üç yıl sonra çiçek açmakta olup, bu da yöntemin ticari üretimde verimli ve güvenilir bir çoğaltma aracı olduğunu göstermektedir (Karagüzel ve Kahraman, 2023).



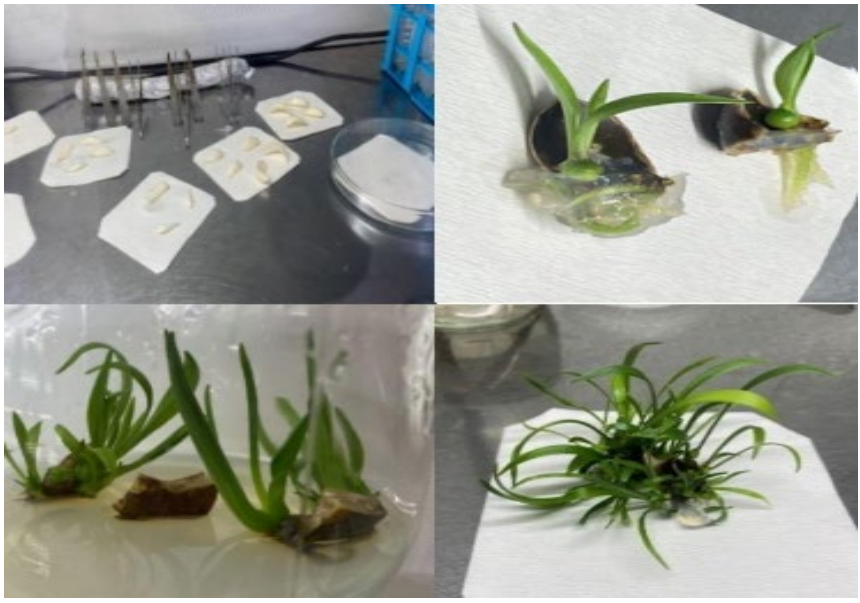
a) Sapların toprağa yerleştirilmesi b) Saplar üzerinde oluşan yavru soğancıklar

Şekil 7. Zambak soğanlarının saplarından çoğaltılması (Anonim, 2025b)

Lilyumlarda vejetatif çoğaltma yöntemlerinden biri, soğan sapları kullanılarak yapılan çoğaltma şeklidir (Şekil 7). Bu yöntemde saplar uygun nem ve sıcaklık koşullarında toprağa yerleştirilir ve böylece yavru soğancıkların oluşumu sağlanır. Gelişen bu soğancıklar, ana bitkiden bağımsız olarak büyüyebilir ve böylece homojen ve sağlıklı bitki materyali elde edilmiş olur (Anonim, 2025b).

Günümüzde doku kültürü yöntemi, süs bitkileri sektöründe giderek daha fazla tercih edilmekte olup, hızlı üretim sağlaması, genetik olarak saf materyal temini ve yüksek verimliliği nedeniyle ticari üretimde önemli bir rol oynamaktadır. Lilyumda'da bu yöntem oldukça başarılı alternatif bir yöntem olarak tespit edilmiştir (Eskimez ve Polat, 2025). Besin ortamları üzerinde

yapılan çalışmalarla optimum protokoller geliştirilerek, doku kültürü yöntemiyle zambaklarda etkin ve verimli çoğaltım sağlanmaktadır (Şekil 8)(Eskimez, 2025; Eskimez ve Polat, 2025).



Şekil 8. *Lilium* Oriental Cv. ‘Casa Blanca’nın doku kültürü yöntemiyle çoğaltılması (Eskimez ve Polat, 2025)

5. SONUÇ

Lilium Oriental Cv. ‘Casa Blanca’, Yunan mitolojisinde doğum ve anneliği simgeleyen, aynı zamanda saflığın ve cennet çiçeğinin sembolü olarak kabul edilen özel bir süs bitkisidir. Hoş ve güçlü kokusu, hem bahçe peyzajı hem de kesme çiçek üretimi için bir tercih sebebi oluşturmaktadır. Bu özellikleri, *Casa Blanca*’yı dünya çapında aranan ve tercih edilen bir çeşit hâline getirmektedir.

Yaz döneminde aşırı sıcağa duyarlı olduğundan, öğle saatlerinde gölgeli bir alana dikilmesi bitki sağlığı açısından oldukça önemlidir. Ayrıca,

Casa Blanca hem saksı hem de bahçe ortamında yetiştirilebilir, bu da peyzaj tasarımları ve dekoratif amaçlar açısından kullanım alanını genişletmektedir.

Özellikle çiçek soğanlarının sağlığı ve kalitesi, bitkinin verimli büyümesini, güçlü gövde ve yaprak gelişimini ve uzun ömürlü çiçeklenmesini doğrudan etkiler. Sağlıklı soğanlar, çevresel stres koşullarına karşı direnci artırmakta ve hem ticari kesme çiçek üretimi hem de bahçe peyzajı açısından yüksek kaliteli ve homojen bitki materyali elde edilmesini sağlamaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, *Lilium* Oriental Cv. 'Casa Blanca', estetik özellikleri, kesme çiçek üretimindeki potansiyeli ve peyzaj tasarımlarındaki kullanım olanaklarıyla hem ekonomik hem de ekolojik açıdan değerli bir tür olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

Anderson, N. O. (2007). Prevention of invasiveness in floricultural crops. In Flower Breeding and Genetics: Issues, Challenges and Opportunities for the 21st Century. (pp. 177-214)

Anonim (2019). Lily Garden-Tested Flower Bulbs and Perennials. https://bdlilies.blogspot.com/ (Erişim tarihi: 07.01.2024)

Anonim (2024a). *L. longiflorum* Melezleri. https://www.sukulentler.com/liliumlongiflorum-paskalya-zambagi/ (Son erişim tarihi: 03 Mayıs 2024)

Anonim (2025a). https://www.longfield-gardens.com/plantname/Lily-Casablanca. (27.12.2025)

Anonim (2025b). https://akzambak.com/faydali-bilgiler/ (Erişim tarihi: 27.12.2025)

Anonim (2025c). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2014). Ak zambak (*Lilium candidum* L.) tür koruma eylem planı. İzmir. Ak Zambak (*Lilium candidum* L.) Tür Koruma Eylem Planı (2014) – Tarım ve Orman Bakanlığı Erişim tarihi: (27.12.2025)

Anonim, (2025d). Chicago Botanic Garden.. *Lilium* 'Casa Blanca'. https://www.chicagobotanic.org/plant-collections/plant-finder/lilium-casa-blanca-casa-blanca-oriental-lily (Erişim tarihi: 27.12.2025)

Anonim, (2025e). Plant Addicts. Casa Blanca Oriental Lily bulbs: planting guide & care tips. https://plantaddicts.com/casa-blanca-oriental-lily-bulbs (Erişim tarihi: 27.12.2025)

Baytop, T. (1984). Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 3255, Eczacılık Fakültesi Yayın no: 40, İstanbul.

Boeckmann, C. (2020). Growing lilies. How to plant, grow and car efor lilies. https://www. almanac.com/plant/liles. (Erişim tarihi: 09 Ağustos 2024)

Crockett, J. U. (1971). Bulbs (Vol. 6). Time-Life Books.

EPPO. (2025). *Lilium* Oriental hybrids (EPPO code: LILOH). EPPO Global Database. https://gd.eppo.int/taxon. (Erişim tarihi: 28.12.2025)

Eskimez, İ. (2025). Zambak (*Lilium* spp.)'ın soğan pulları ile çoğaltılması [Doktora tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı].

Eskimez, İ., & Polat, M. (2025). Zambak (*Lilium* spp.) Soğan Pullarının, *in vitro* Koşullarda Köklendirilmesi Üzerine, Farklı Besin Ortamlarının Etkilerinin Belirlenmesi. Bahçe, 54(Özel Sayı 1), 231-237.

Eskimez, İ., Mendi, Y., Polat, M., & Yıldırım, A. N. (2024). Zambak (*Lilium candidium* L.) Bitkisinin *in vitro* Ortamda Soğan Pulları Kullanılarak Çoğaltılmasının Tarımsal ve Ticari Potansiyeli. Bahçe, 53(Özel Sayı 1), 61-68.

Fornaris, A., Chiavazza, P. M., & Devecchi, M. (2010). The importance of *Lilium* in garden design: History and future. In II International Symposium on the Genus Lilium 900. (pp. 59-64)

Güven, S., Okur, S., Demırel, M. S., Coskuncelebi, K., Makbul, S., & Beyazoğlu, O. (2014). Pollen morphology and anatomical features of *Lilium* (Liliaceae) taxa from Turkey. Biologia, 69(9), 1122-1133.

Haladova, M., Mucaji, P., Budesinsky, M., Vokac, K., Cvacka, J., Grancai, D., & Eisenreichova, E. (2011). Spirostanol saponins from the bulbs of *Lilium candidum*. Chemistry of Natural Compounds, 46(6), 1004-1005.

Karagüzel, Ü. Ö., & Kahraman, M. U. (2023). Zambak ıslahı. In Süs Bitkileri Islahı (Türler). (pp. 551-588)

Khan, N., Barba-Gonzalez, R., Ramanna, M. S., Arens, P., Visser, R. G., & Van Tuyl, J. M. (2010). Relevance of unilateral and bilateral sexual polyploidization in relation to intergenomic recombination and introgression in *Lilium* species hybrids. Euphytica, 171(2), 157-173.

Kopaskova, M., Hadjo, L., Yankulova, B., Jovtchev, G., Galova, E., Sevcovicova, A., & Chankova, S. (2011). Extract of *Lillium candidum*

L. can modulate the genotoxicity of the antibiotic zeocin. Molecules, 17(1), 80-97.

Mammadov, T., Deniz, N., Rakhimzhanova, A., Kılınçarslan, Ö., & Mammadov, R. (2017). Studies on *Lilium* species. International Journal of Secondary Metabolite, 4(1), 47-60.

Miller, W. B. (2016). Flower bulbs worldwide: Perspectives on the production chain and research. In XII International Symposium on Flower Bulbs and Herbaceous Perennials 1171. (pp. 1-8)

North Carolina Cooperative Extension. (2025). *Lilium* – Oriental Hybrids. North Carolina Extension Gardener Plant Toolbox. https://plants.ces.ncsu.edu/plants/lilium-oriental-hybrids/ (Erişim tarihi: 27.12.2025)

Olate, E. A., & Schiappacasse, F. (2012). Geophyte research and production in Chile. In Ornamental Geophytes: From Basic Science to Sustainable Production. (pp. 449)

Özbek, Y. E. (2024). Ak Zambak (*Lilium candidum*)'ın fizikokimyasal özellikleri ve antimikrobiyal potansiyelinin incelenmesi.

Özen, F., Temeltaş, H., & Aksoy, Ö. (2012). The anatomy and morphology of the medicinal plant, *Lilium candidum* L.(Liliaceae), distributed in Marmara region of Turkey. Pak. J. Bot, 44(4), 1185-1192.

Pirhan, A. F., Özdöl, T., & Yıldırım, H. (2024). *Lilium candidum* L.(Ak zambak) Türünün İzmir İli Popülasyonları ve Tür Koruma Stratejileri. Herbarium Turcicum, (4), 9-17.

Ruffoni, B., Mascarello, C., & Savona, M. (2010). Strategies for Lilium propagation: tradition vs. biotech. In *II International Symposium on the Genus Lilium 900* (pp. 347-355).

Ruffoni, B., Mascarello, C., & Savona, M. (2011). Strategies for Lilium propagation: Tradition vs. biotech. Acta Horticulturae 900, 347–355.

Saifullah, K., Sheeba, N., Mariam, R., Naheed, K., Asma, N., & Bushra, S. (2010). Cultivation of lilies (*Lilium regale*) for commercialization in Pakistan. Pak. J. Bot, 42(2), 1103-1113.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). Bitkisel üretim istatistikleri, 2024 [Bülten]. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2024-53447 (Erişim tarihi: 28.12.2025)

Uzun, G. (1984). Zambak Yetiştiriciliği. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı, Yalova.

Van Tuyl, J. M., & Arens, P. (2010). Lilium: Breeding history of the modern cultivar assortment. In II International Symposium on the Genus *Lilium*. (pp. 223-230)

Wilson, C., Mathew, B., & Blamey, M. (1981). Bulbs: the bulbous plants of Europe and their allies. London: Collins.

Wu, Y., Cui, J., Zhang, K., & Jia, Y. (2012). Cloning of SCA gene related to pollen tube adhesion and oriented growth and analysis of gene diversity in *Lilium* spp. Molecular Plant Breeding, 2(16), 109-118.

Xaver, M. (2012). Map of natural distribution of genus *Lilium (Liliceae).* https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BlankMap-World.png (Son erişim tarihi: 4.10.2024)

Zhou, S., Ramanna, M. S., Visser, R. G., & van Tuyl, J. M. (2008). Genome composition of triploid lily cultivars derived from sexual polyploidization of *Longiflorum*× *Asiatic* hybrids (Lilium). Euphytica, 160, 207-215.

CHAPTER 16

THE RISING VALUE AND ADVANTAGES OF BLUEBERRY (*Vaccinium* spp.) IN THE EASTERN BLACK SEA REGION

Res. Asst. Şefik Tunahan ÇENGEL[23]

Prof. Dr. Mustafa AKBULUT[24]

DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18118561

[23] Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, tunahan.cengel@erdogan.edu.tr, Rize, Türkiye, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-0336-6825

[24] Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, mustafa.akbulut@erdogan.edu.tr, Rize, Türkiye, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1028-162X

INTRODUCTION

In recent years, interest in high value-added fruit species within the framework of agricultural production and rural development has increased markedly. This trend is closely related not only to the nutritional quality of the product but also to environmental sustainability and economic resilience. In this context, blueberry (*Vaccinium* spp.) has risen to a preferred agricultural product due to its bioactive compound profile and increasing global demand. In the process of transforming production patterns in Türkiye, increasing income per unit area in regions with pronounced ecological constraints has become a fundamental objective. Within this framework, the Eastern Black Sea Region, which stands out with its humid climatic conditions and acidic soil characteristics, offers remarkable potential for the development of additional production models beyond conventional cropping patterns. However, the effective utilization of this potential is possible only through a holistic consideration of all systems rather than solely the presence of suitable ecological conditions. Within the modern agricultural paradigm, the utilization of by-products has increasingly become an important element in enhancing resource efficiency. This approach necessitates the evaluation of blueberry production systems not only in terms of the primary product but also in terms of their capacity to generate multidimensional added value. This review aims to examine, through a literature-based approach, the current production structure of blueberry (*Vaccinium* spp.) cultivation in the Eastern Black Sea Region, its value-added generation capacity, and its potential for integration into regional agricultural systems.

Blueberry is a berry fruit belonging to the genus Vaccinium within the family Ericaceae, which is predominantly distributed in temperate climate zones worldwide and prefers acidic soil conditions (Arslaner and Salık, 2020). In terms of natural distribution areas, Türkiye, particularly the Eastern Black Sea Region, is an important genetic resource area where species such as

Vaccinium arctostaphylos and *Vaccinium myrtillus* grow naturally (Okan et al., 2014).

Across the region, blueberry is integrated into local production and consumption culture and is known by different names such as “likapa,” “ayı üzümü,” “çay üzümü,” and “lifor.” In addition to fresh consumption, it is widely utilized by local communities in the production of traditional products such as fruit juice, jam, and marmalade (Gürdal, 2021).

In recent years, blueberry cultivation has expanded rapidly within planned agricultural production systems beyond its natural distribution areas. This development has revealed a considerable economic value throughout Türkiye, particularly in the Eastern Black Sea Region. Indeed, according to data from 2015, production carried out on a total area of 533 decares in the provinces of Rize and Trabzon resulted in approximately 180 tons of product and generated an income of around 5 million TL (Akbulut and Bakoğlu, 2017). Over the past two decades, global production of blueberry (*Vaccinium spp.*) has increased rapidly. According to data from the International Blueberry Organization, as of 2023, global production reached 1.78 million tons, while the cultivation area exceeded 262,000 hectares (IBO, 2024). These values indicate an approximately twofold increase compared to 2013. Although the American continent holds a significant share in global production, China became the world’s largest producer in 2023 with a production volume of 560,000 tons (Zhou et al., 2025).

Blueberry (*Vaccinium spp.*) is globally defined as a “superfruit” due to its high antioxidant capacity and rich functional component content (Krishna et al., 2023). Its structure, which is rich in anthocyanins and phenolic compounds, has been associated with various health benefits; this has led to increased demand both for fresh consumption and in the processed food sector (Wang et al., 2025). The growing global demand has markedly enhanced the economic potential of blueberry production, particularly in the Eastern Black

Sea Region, in areas possessing microecosystems favorable in terms of climate and soil conditions (Gürdal, 2021).

In Türkiye, blueberry cultivation has expanded through open-field and protected production systems in the Black Sea Region primarily, as well as in the Marmara, Aegean, and Mediterranean regions (Atacan and Yanık, 2017; Çelik and Acar, 2025). The rural population living in the mountainous and rugged areas of the Black Sea Region, despite limited agricultural land, contributes to household economies by collecting these species from natural populations or cultivating them in small-scale production areas, thereby supporting rural production systems based on the sustainable use of natural resources (Türkmen et al., 2019). The aim of this review is to evaluate the current status of blueberry (*Vaccinium* spp.) cultivation in the Eastern Black Sea Region, its regional potential, and the ecological and economic advantages it offers in light of the current literature.

CURRENT AGRICULTURAL POTENTIAL OF THE EASTERN BLACK SEA REGION IN TERMS OF BERRY FRUITS

Across Türkiye, agricultural potential is defined as the ability to generate economic benefits through the combination of multiple factors, including the presence of favorable climatic and edaphic conditions in a given geography, the availability of extensive production areas, and the existence of a developed agricultural industry for product processing and utilization (Öztürk and Serttaş, 2018). Within this framework, the Black Sea Region holds an important position in national agricultural production, ranking fourth in terms of total agricultural land area and second—immediately after the Aegean Region—with respect to fruit cultivation areas (Öztürk and Serttaş, 2018). The region's distinctive ecological constraints, rugged geographical structure, and the continuous fragmentation and reduction of landholdings

through inheritance have triggered a need to shift toward crops capable of providing higher returns per unit area (Akbulut et al., 2017). As a result, interest in berry fruits such as kiwi (*Actinidia deliciosa*), strawberry (*Fragaria* × *ananassa*), rosehip (*Rosa canina* L.), and blackberry (*Rubus spp.*) has increased markedly, and new orchards have begun to be established; however, factors such as insufficient technical knowledge, high establishment costs, and marketing difficulties limit the wider expansion of these crops (Akbulut et al., 2017).

When regional concentration of fruit production is considered, Rize (40.8%) and Trabzon (16.5%) have been identified as the leading fruit production centers among the Eastern Black Sea provinces (Öztürk and Serttaş, 2018). Textural analyses of agricultural soils in the Central and Eastern Black Sea regions indicate that a large proportion of the lands (75.30%) have a loamy structure and that organic matter levels are generally within medium to high ranges (Özyazıcı et al., 2016). However, the wide range observed in soil pH values (4.5–8.5) and phosphorus deficiency detected in 58.83% of the lands necessitate the diversification of soil improvement and nutrient management practices on a regional basis (Özyazıcı et al., 2016). Blueberry, which attracts attention due to its high antioxidant content and added value, is regarded as the strongest future berry fruit potential, as it largely meets the requirements of the region's cool and humid climate and acidic soil structure (Akbulut et al., 2017). Therefore, in order to maximize existing ecological and industrial advantages, the dissemination of high-density dwarf fruit production systems focusing on the selection of regionally suitable species/cultivars and rootstocks is recommended as an important strategic practice (Öztürk and Serttaş, 2018).

GENERAL ADVANTAGES PROVIDED BY BLUEBERRY (*Vaccinium corymbosum* L.) TO THE REGION

The agricultural structure of the Eastern Black Sea Region is largely based on tea and hazelnut production. The region accounts for the entirety of Türkiye's tea production and approximately two-thirds of its hazelnut production (Öztürk and Serttaş, 2018). However, the increasing fragmentation of land through inheritance and the restrictive effects of topography on agricultural activities have directed producers toward alternative crops that provide higher income per unit area (Akbulut et al., 2017; Keleş, 2024).

This tendency corresponds to the strategy commonly observed in developing economies of transitioning from low value-added production models to high value-added agricultural products (Soyyiğit and Yavuzaslan, 2019). In this transformation process, the Value-Added Agriculture (VAA) approach plays a fundamental role. VAA represents a production concept aimed at increasing the economic value of traditional agricultural products through processing, transformation, or alternative marketing methods (Özkan, 2024). The adoption of this approach not only increases farmers' incomes but also contributes to the promotion of environmental sustainability and social equity (Özkan, 2024). In this context, blueberry (*Vaccinium spp.*) is considered one of the prominent fruit species within the scope of the Value-Added Agriculture approach due to its suitability for processing in addition to fresh consumption, marketing diversity, and high unit sales value. Furthermore, the potential applications of not only its fruits but also its leaves, roots, and flowers in sectors such as pharmaceuticals and cosmetics diversify the added value it offers to the regional economy (Yıldız et al., 2025). In this respect, blueberry stands out for the Eastern Black Sea Region not only as an agricultural product with high added value but also as an important functional food source that supports public health (Zahra et al., 2023). The most fundamental advantage provided by blueberry for regional development and

public health is its high bioactive compound content (Zahra et al., 2023). Polyphenolic compounds, known for their abundant anthocyanin pigment content, confer strong antioxidative and anti-inflammatory activities to the fruit (Zahra et al., 2023). Scientific studies indicate that blueberry possesses functional properties that reduce the risk of heart disease, diabetes, and neurodegeneration, in addition to exhibiting specific nutritional properties such as neuroprotective, osteoprotective, renoprotective, and ophthalmoprotective effects (Zahra et al., 2023).

The favorable climate and soil conditions of the Black Sea Region significantly enhance the fruit-growing potential of the region (Öztürk and Serttaş, 2018). In recent years, interest in berry fruits such as blueberry, kiwi, and blackberry has increased rapidly; in parallel, new orchards have begun to be established in the region (Akbulut et al., 2017). It is reported that Türkiye has also adapted to this global trend, with a marked increase recorded in blueberry cultivation areas and production volume (TÜİK, 2024). In addition, the implementation of modern cultivation systems such as dwarf fruit production increases the economic returns obtained from regional fruit growing (Öztürk and Serttaş, 2018).

Nevertheless, several limiting factors exist in newly established blueberry orchards, including high establishment costs, lack of technical knowledge, and marketing problems (Akbulut et al., 2017). Furthermore, the inadequacy of traditional practices aimed at protecting crops from wild animals in cultivated areas has emerged as an important issue requiring solutions in terms of product security (Keleş, 2024).

These advantages offered by blueberry for the region stem from the plant’s high adaptability to the temperate climate zone and its strong compatibility with the unique ecological conditions of the Eastern Black Sea Region in particular (Arslaner & Salık, 2020). Expected increases in precipitation and milder winter conditions in the Black Sea Region provide a

favorable production environment for blueberry cultivation (Oğuz et al., 2023). This adaptation process is further reinforced by the suitability of the regional soil structure and climatic characteristics, which allow blueberry cultivars to develop efficiently (Türkmen et al., 2019). Moreover, while climate change scenarios lead to significant changes in cropping patterns across different regions of Türkiye, species such as blueberry that are capable of adapting to environmental conditions offer a strategic advantage against these changes (Oğuz et al., 2023).

The climatic structure of the Eastern Black Sea Region provides a suitable basis for the adaptation of Northern Highbush Blueberry (Northern Highbush Blueberry – NHB) types, which naturally experience cold winters and have high chilling requirements (chilling hours) (Ru et al., 2024). While minimum winter temperatures stand out as one of the critical abiotic factors determining yield levels in the plant (Zydlik et al., 2019), abiotic stress conditions such as low temperatures may positively affect fruit quality by triggering the accumulation of antioxidants in the fruit (Krishna et al., 2023). Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) has specific soil requirements, and the naturally acidic soil structure of the region provides an advantageous natural environment for cultivation (Zydlik et al., 2019). The use of beneficial bacteria combinations in organic farming systems offers the potential to improve plant yield, fruit quality, and soil health, thereby playing an important role in achieving sustainable and innovative agricultural goals in the region (Yu et al., 2020).

In addition to its climatic advantages, blueberry has significant potential to support rural development through its contributions to the regional economy (Gürdal, 2021). Considering the challenging terrain structure and rich plant biodiversity of the Eastern Black Sea Region, the idea of evaluating the region as a “health and functional food center” based on plant production

rather than industry is further strengthened through blueberry cultivation (Okan et al., 2014).

ECONOMIC CONTRIBUTIONS OF BLUEBERRY (*Vaccinium* corymbosum L.) TO THE REGION

Blueberry (*Vaccinium* spp.) is recognized globally as one of the most popular and nutritious fruits (Zahra et al., 2023). Due to its richness in antioxidant compounds such as dietary fiber, vitamins, minerals, phenolic acids, and flavonoids, it is considered a food source with high nutrient density (Zahra et al., 2023). The health-promoting (pro-health) properties of this fruit have significantly increased interest in its cultivation worldwide and have led to a remarkable rise in global fruit production (Zydlik et al., 2019). Recognized as one of the fruit species with the highest commercial and production expectations worldwide, blueberry offers significant export and income growth potential for producers in the Eastern Black Sea Region, driven by a high average annual increase of 6.1% in global demand (Lobos and Hancock, 2015).

For the sustainable development of cultivation in the region, it is emphasized as a necessity to implement solution proposals addressing the problems faced by producers during cultivation and post-harvest transportation stages (Yıldız et al., 2025). Particularly, considering the adaptation of Northern Highbush blueberry types, the acidic soil structure of the region, and its potential to meet winter chilling requirements, it is important to investigate the synergistic effects of genotype and environmental conditions on fruit quality and antioxidant content (Arslaner and Salık, 2020; Çelik and Acar, 2025; Pepe et al., 2023). In addition, the optimization of cultivation techniques, especially the evaluation of the effects of modern production systems such as soilless agriculture and pot cultivation on fruit yield and quality, is required (Çelik and Acar, 2025; Pepe et al., 2023).

From an economic perspective, blueberry cultivation increases income per unit area in small and fragmented land structures and provides income diversification through its suitability for conversion into fresh and processed products. In addition, the increased labor demand during harvesting, packaging, and cold chain processes supports regional employment, while its export potential offers a significant advantage for the regional economy in terms of foreign currency inflow.

CONCLUSION

The Eastern Black Sea Region is one of the most favorable production areas in Türkiye for blueberry (*Vaccinium spp.*) cultivation, owing to its humid climatic conditions, acidic soil structure, and ecological characteristics that meet natural chilling requirements. Considering the region's fragmented land structure and limited agricultural areas, blueberry occupies a position consistent with the value-added agriculture approach due to its high return per unit area, processability capacity, and increasing global demand. Current evidence indicates that blueberry offers significant potential not only in terms of agricultural production but also with respect to supporting rural employment, increasing income diversification, and providing export-oriented economic contributions.

REFERENCES

Akbulut, M., & Bakoğlu, N. (2017). Maviyemişlerde Pazarlama Ve Ambalajlama. DergiPark (Istanbul University). https://dergipark.org.tr/tr/pub/meyve/issue/31361/342697

Akbulut, M., Yazıcı, K., Bakoğlu, N., ve Göksu, B. (2017). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde üzümsü meyvelerin potansiyeli ve geleceği. *Bahçe, 46*(Özel Sayı 1), 1–6.

Arslaner, A., & Salık, M. A. (2020). Some Quality Properties, Mineral and Heavy Metal Composition of Wild Fruit Traditional Marmalades. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology,* 8(3), 678. https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i3.678-687.3190

Atacan, K. ve Koçak Yanık, D. (2017). Yaban mersini (*Vaccinium corymbosum* L.) suyu konsantresinin püskürtmeli kurutucuda kurutulması: Tepki yüzey yöntemiyle optimizasyon. *Akademik Gıda, 15*(2), 139–148. https://doi.org/10.24323/akademik-gida.333667

Çelik, H., ve Acar, E. (2025). Determination of yield and quality characteristics of blueberries grown in pot and raised-bed in soilless culture. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 40*(2), 293–310. https://doi.org/10.7161/omuanajas.1603639

Gürdal, A. A. (2021). Evaluation of persimmon (*Diospyros kaki*), cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) and blueberry (*Vaccinium arctostaphylos*) fruits as a natural antioxidant source. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences, 6*(4), 592–598. https://doi.org/10.35229/jaes.1016793

International Blueberry Organization. (2024). *Global blueberry statistics and market overview*. International Blueberry Organization. https://www.internationalblueberry.org

Keleş, İ. (2024). Doğu Karadeniz Bölgesi tarım kültüründe tarım ürünlerini yabani hayvanlardan korumak için yapılan geleneksel uygulamalarla ilgili bir değerlendirme. *Motif Akademi Halkbilimi Dergisi, 17*(46), 541–561.

Krishna, P., Pandey, G., Thomas, R., **ve** Parks, S. (2023). Improving blueberry fruit nutritional quality through physiological and genetic interventions: A review of current research and future directions. *Antioxidants, 12*(4), 810. https://doi.org/10.3390/antiox12040810

Lobos, G. A., **ve** Hancock, J. F. (2015). Breeding blueberries for a changing global environment: A review. *Frontiers in Plant Science, 6*, 782. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00782

Okan, O. T., Varlıbaş, H., Öz, M., & Deniz, İ. (2014). Antioxidant Analysis Methods and Some Non-Wood Forest Plant Products as Sources of Antioxidants in Eastern Black Sea Region. DergiPark (Istanbul University). https://dergipark.org.tr/en/pub/kastorman/issue/17231/179958

Özkan, G. (2024). Katma değerli tarım, döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma: Ekonomik, çevresel ve sosyal perspektifler. *JENAS Journal of Environmental and Natural Studies, 6*(3), 288–299.

Öztürk, A., **ve** Serttaş, S. (2018). Karadeniz Bölgesi meyveciliğinin mevcut durumu ve potansiyeli. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8*(4), 11–20.

Özyazıcı, M. A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H., **ve** Ünal, E. (2016). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31*(1), 136–148.

Pepe, A. V., Yıldırım, F., Yıldırım, A. N., **ve** Çelik, C. (2023). Topraksız kültürde yetiştirilen bazı maviyemiş (*Vaccinium corymbosum* L.) çeşitlerinin meyve kalite ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi.

Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 28(3), 513–521. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1280524

Ru, S., Sanz-Saez, A., Leisner, C. P., Rehman, T., **ve** Busby, S. (2024). Review on blueberry drought tolerance from the perspective of cultivar improvement. *Frontiers in Plant Science, 15*, 1352768. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1352768

Soyyiğit, S., **ve** Yavuzaslan, K. (2019). Tarımsal katma değeri etkileyen faktörler üzerine bir inceleme: E7 ülkeleri örneği. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 10*(19), 403–429.

TÜİK. (2024). *Türkiye maviyemiş üretim verileri*. Türkiye İstatistik Kurumu. https://www.tuik.gov.tr

Türkmen, F. U., Bingöl, B. N., Şahin, E., Özkaraman, F., & Tekin, Z. N. (2019). Erik (*Prunus domestica*) Bazlı Karışık Meyveli Geleneksel Marmelat Üretimi. Gıda / The Journal of Food, 44(4), 707. https://doi.org/10.15237/gida.gd19065

Wang, J., Tian, J., Li, D., Gao, N., Deng, J., Yang, X., Wang, L., He, Y., Li, B., **ve** Wang, L. (2025). Blueberry leaves as a promising sustainable source of polyphenols: Chemical composition, functional activities and future application perspectives. *Food Research International, 207*, 116110. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116110

Yıldız, S., Aydın, M. Z., **ve** Akbulut, M. (2025). Maviyemiş (*Vaccinium corymbosum* L.) yetiştiriciliğinin güncel durumu ve geliştirilmesine yönelik öneriler. *Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4*(1), 23–34.

Yu, Y. Y., Qiu, J. P., Xu, J. D., Huang, T. X., Zhong, J., Yu, H., **ve** Guo, J. H. (2020). Combination of beneficial bacteria improves blueberry production and soil quality. *Food Science ve Nutrition, 8*(9), 4880–4888. https://doi.org/10.1002/fsn3.1764

Zahra, N., Saeed, M. K., Hamid, H., Qamar, A., **ve** Saeed, A. (2023). Nutritional composition, health benefits and potential applications of

blueberry: A comprehensive review. *Innovare Journal of Agricultural Science, 11*(5), 1–13.

Zhou, Y., Zhang, W., Wu, L., Chen, P., Li, X., Wen, G., Tangtrakulwanich, K., Chethana, K. W. T., Al-Otibi, F., Hyde, K. D., **ve** Yan, J. (2025). Characterization of fungal pathogens causing blueberry fruit rot disease in China. *Pathogens, 14*(2), 201. https://doi.org/10.3390/pathogens14020201

Zydlik, Z., Cieśliński, S., Kafkas, N. E., & Morkunas, I. (2019). Soil preparation, running highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) plantation and biological properties of fruits. In Modern Fruit Industry. IntechOpen.





ISBN: 978-625-378-551-2