



# TOPRAKTAN RAF ÖMRÜNE: BAHÇE BİTKİLERİNDE KALİTE, SAĞLIK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Atilla ÇAKIR

Doç. Dr. Mehmet İlhan ODABAŞIOĞLU



İKSAD  
Publishing House

# **TOPRAKTAN RAF ÖMRÜNE: BAHÇE BİTKİLERİNDE KALİTE, SAĞLIK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK**

## **EDİTÖRLER**

Doç. Dr. Atilla ÇAKIR

Doç. Dr. Mehmet İlhan ODABAŞIOĞLU

## **YAZARLAR**

Prof. Dr. Erhan AKÇA

Prof. Dr. Gökhan BÜYÜK

Prof. Dr. Muharrem ERGUN

Prof. Dr. Halil İbrahim OĞUZ

Prof. Dr. Serpil TANGOLAR

Prof. Dr. Nurdan TUNA GÜNEŞ

Doç. Dr. Selen AKAN KARACA

Doç. Dr. Hande TAHMAZ KARAMAN

Dr. Öğr. Üyesi Hasret GÜNEŞ

Dr. Öğr. Üyesi Özge HORZUM

Dr. Öğr. Üyesi Damla YÜKSEL KÜSKÜ

Dr. Duygu ÖZELÇİ

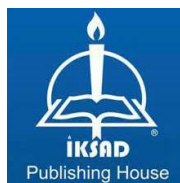
Arş. Gör. Dr. Mehmet ATAY

Arş. Gör. Ömer Can Devrim DEMİRCİOĞLU

Ziraat Yük. Müh. Nazan ERGUN

Ziraat Yük. Müh. Murat KARACA

Ziraat Müh. Hatice KOÇ



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 Pubicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: [iksadyayinevi@gmail.com](mailto:iksadyayinevi@gmail.com)

[www.iksadyayinevi.com](http://www.iksadyayinevi.com)

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

Iksad Publications – 2025©

**ISBN: 978-625-378-377-8**

Cover Design: İbrahim KAYA

November / 2025

Ankara / Türkiye

Size: 16x24cm

## **İÇİNDEKİLER**

|                   |          |
|-------------------|----------|
| <b>ÖNSÖZ.....</b> | <b>1</b> |
|-------------------|----------|

### **CHAPTER 1**

#### **NATURAL PLANT EXTRACTS IN VASE SOLUTIONS: A SUSTAINABLE STRATEGY FOR EXTENDING THE VASE LIFE OF CUT FLOWERS**

|                                                             |   |
|-------------------------------------------------------------|---|
| Prof. Dr. Muharrem ERGUN,<br>Zir Yük. Müh. Nazan ERGUN..... | 5 |
|-------------------------------------------------------------|---|

### **BÖLÜM 2**

#### **DUT ISLAHININ TARİHSEL GELİŞİMİ**

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| Prof. Dr. Halil İbrahim OĞUZ,<br>Dr. Duygu ÖZELÇİ..... | 45 |
|--------------------------------------------------------|----|

### **BÖLÜM 3**

#### **HİDROJEL KULLANIMININ BAHÇE BİTKİLERİNDE SU YÖNETİMİ, VERİMLİLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| Prof. Dr. Serpil TANGOLAR..... | 95 |
|--------------------------------|----|

### **BÖLÜM 4**

#### **BAHÇE BİTKİLERİNDE ONARICI TARIM YAKLAŞIMLARI**

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| Prof. Dr. Gökhan BÜYÜK,<br>Prof. Dr. Erhan AKÇA..... | 117 |
|------------------------------------------------------|-----|

### **BÖLÜM 5**

#### **SEBZELERİN FONKSİYONEL GIDA POTANSİYELİ**

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| Doç. Dr. Selen AKAN KARACA..... | 141 |
|---------------------------------|-----|

### **BÖLÜM 6**

#### **VİNİFİKASYONDA *Lachancea thermotolerans* ETKİSİ**

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| Doç. Dr. Hande TAHMAZ KARAMAN..... | 153 |
|------------------------------------|-----|

### **BÖLÜM 7**

#### **ORGANİK ÇİLEK MUHAFAZASINDA DERİM SONRASI STRATEJİLER**

|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Arş. Gör. Ömer Can Devrim DEMİRCİOĞLU,<br>Dr. Öğr. Üyesi Özge HORZUM,<br>Prof. Dr. Nurdan TUNA GÜNEŞ..... | 165 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## **BÖLÜM 8**

### **BAĞCILIKTA IŞIK KALİTESİ VE UV YÖNETİMİNİN FENOLİK BİLEŞİKLER ÜZERİNE ETKİLERİ**

Dr. Öğr. Üyesi Damla YÜKSEL KÜSKÜ.....189

## **BÖLÜM 9**

### **ANKARA İLİ'NİN NALLIHAN İLÇESİ'NDE KUŞKONMAZ YETİŞTİRİCİLİĞİ**

Ziraat Müh. Hatice KOÇ

Doç. Dr. Selen AKAN KARACA.....207

## **BÖLÜM 10**

### **BİTKİ-PATOJEN ETKİLEŞİMİ: BAHÇE BİTKİLERİNDE FUNGAL SORUNLAR**

Dr. Öğr. Üyesi Hasret GÜNEŞ.....221

## **BÖLÜM 11**

### **OBLİGAT PARAZİT FUNGUSLARIN MEYVECİLİKTEKİ ÖNEMİ**

Arş. Gör. Dr. Mehmet ATAY.....241

## **BÖLÜM 12**

### **KAYISI (*Prunus armeniaca* L.) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE GÖRÜLEN ÖNEMLİ FUNGAL HASTALIK ETMENLERİ**

Ziraat Yük. Müh. Murat KARACA,

Arş. Gör. Dr. Mehmet ATAY.....261

## **BÖLÜM 13**

### **ÇİLEK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE GÖRÜLEN BAZI ÖNEMLİ FUNGAL HASTALIK ETMENLERİ**

Ziraat Yük. Müh. Murat KARACA.....283

## ÖNSÖZ

Bilimsel üretimin çevreyle uyumlu hale getirilmesi, günümüz tarımının en temel hedeflerinden biri haline gelmiştir. Artan nüfus, iklim değişikliği, su kıtlığı ve toprak yorgunluğu gibi sorunlar; tarımsal üretimde sürdürülebilirliği esas alan sistemlerin kullanımını öncelemeyi zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda hazırlanan bu kitap, **bahçe bitkilerinde çevre dostu, yenilikçi ve bilimsel yaklaşımları** bir araya getiren çok yönlü bir çalışmadır. Kitapta yer alan bölümler; bitkisel üretimden ürün muhafazasına, bitki-patojen etkileşimlerinden biyoteknolojik uygulamalara kadar geniş bir alanı kapsamaktadır.

İlk bölümde yer alan “*Natural Plant Extracts in Vase Solutions: A Sustainable Strategy for Extending the Vase Life of Cut Flowers*” başlıklı çalışma, kesme çiçeklerin vazo ömrünün uzatılmasında doğal bitki ekstraktlarının sürdürülebilir bir alternatif olarak nasıl değerlendirilebileceğini ele almaktadır. Kimyasal koruyucuların çevresel ve sağlık açısından doğurduğu riskler göz önüne alındığında, bu yaklaşım hem ekolojik hem de ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır.

“*Dut Islahının Tarihsel Gelişimi*” başlıklı ikinci bölüm ise, Türkiye’nin önemli meyve türlerinden biri olan dutun ıslah sürecini tarihsel bir bakış açısıyla değerlendirmektedir. Geleneksel seleksiyonlardan modern biyoteknolojik yöntemlere uzanan bu süreç, yerel genetik kaynakların korunması ve çeşitliliğin sürdürülebilirliği açısından dikkat çekici örnekler sunmaktadır.

Üçüncü bölümde yer alan “*Hidrojel Kullanımının Bahçe Bitkilerinde Su Yönetimi, Verimlilik ve Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkileri*” ise iklim değişikliğiyle giderek önem kazanan su verimliliği konusuna odaklanmaktadır. Hidrojellerin toprak-su-bitki ilişkilerindeki işlevi, verim artışı ve çevresel sürdürülebilirlik açısından kapsamlı biçimde tartışılmaktadır.

“*Bahçe Bitkilerinde Onarıcı Tarım Yaklaşımları*” başlıklı dördüncü bölüm, toprak sağlığının korunması ve ekosistem dengesinin yeniden tesisi için geliştirilen onarıcı tarım ilkelerini açıklamaktadır. Toprak mikrobiyotasının rolü, karbon döngüsü ve biyolojik çeşitlilik bu bölümün odak noktaları arasındadır.

Beşinci bölümdeki “*Sebzelerin Fonksiyonel Gıda Potansiyeli*”, modern beslenme biliminin öne çıkan kavramlarından birine ışık tutmaktadır. Sebzelerin içerdiği fenolik bileşikler, antioksidanlar ve biyoaktif maddeler aracılığıyla insan sağlığına katkıları detaylı biçimde ele alınmaktadır. Bu yönüyle çalışma, bahçe bitkileri üretimi ile insan sağlığı arasındaki biyolojik köprüyü vurgulamaktadır.

“*Vinifikasyonda Lachancea thermotolerans Etkisi*” başlıklı bölüm, bağcılık ve şarap bilimi açısından dikkat çekici bir yeniliğe değinmektedir. Şarap üretiminde kullanılan bu maya türünün fermantasyon süreçlerine, aroma bileşenlerine ve asit dengesi üzerine etkileri tartışılmaktadır. Aynı şekilde “*Bağcılıkta Işık Kalitesi ve UV Yönetiminin Fenolik Bileşikler Üzerine Etkileri*” bölümü de bağ ekolojisinde ışık yönetimi stratejilerinin bitkisel metabolitlere olan etkilerini irdelemektedir.

Kitabın ilerleyen bölümlerinde yer alan “*Organik Çilek Muhafazasında Derim Sonrası Stratejiler*” başlıklı çalışma, gıda kayıplarının azaltılmasında çevre dostu muhafaza yöntemlerinin uygulanabilirliğini göstermektedir. Doğal kaplama materyalleri, soğuk zincir yönetimi ve antimikrobiyal bitkisel bileşiklerin kullanımı bu bölümün öne çıkan konularıdır.

“*Ankara İli’nin Nallıhan İlçesi’nde Kuşkonmaz Yetiştiriciliği*” başlıklı çalışma, Türkiye’nin belirli bir bölgesinde yürütülen üretim uygulamalarına saha düzeyinde bir bakış getirmekte; yerel potansiyel, adaptasyon ve üretim planlaması gibi konuları bölgesel kalkınma bağlamında ele almaktadır.

“*Bitki-Patojen Etkileşimi: Bahçe Bitkilerinde Fungal Sorunlar*”, “*Obligat Parazit Fungusların Meyvecilikteki Önemi*”, “*Kayıp ve Çilek Yetiştiriciliğinde Görülen Önemli Fungal Hastalık Etmenleri*” gibi bölümler ise, bitki sağlığını tehdit eden fungal hastalıkların tanımı, biyolojisi ve kontrol stratejilerine odaklanmaktadır. Bu bölümler, entegre hastalık yönetimi ve biyolojik kontrol uygulamaları açısından değerli bilgiler sunmaktadır.

Bu kitap, **bahçe bitkileri biliminde sürdürülebilir, yenilikçi ve doğa temelli bir üretim vizyonu** geliştirmeye yönelik çalışmalara ışık tutmayı, araştırmacı ve uygulamacılara yeni bakış açıları kazandırmayı hedeflemektedir. Her bir bölüm, kendi içinde bağımsız bir araştırma konusunu ele almakla birlikte, bütüncül olarak değerlendirildiğinde tarımsal üretimde çevreye duyarlı, verimliliği artıran ve bilimi merkeze alan bir yaklaşım ortaya

koymaktadır. Kitabın, hem akademik çevrelere hem de uygulayıcı üreticilere yeni perspektifler sunacağına inanıyoruz.

Bu çalışmanın hazırlanmasında emeği geçen tüm araştırmacılara, akademisyenlere ve editoryal sürece katkı sağlayan herkese teşekkür eder; kitabın tarım bilimine ve sürdürülebilir üretim anlayışına değerli katkılar sunmasını dileriz.

**Doç. Dr. Atilla ÇAKIR**

**Doç. Dr. Mehmet İlhan ODABAŞIOĞLU**





## CHAPTER 1

### NATURAL PLANT EXTRACTS IN VASE SOLUTIONS: A SUSTAINABLE STRATEGY FOR EXTENDING THE VASE LIFE OF CUT FLOWERS

Prof. Dr. Muharrem ERGUN<sup>1\*</sup>,  
Zir Yük. Müh. Nazan ERGUN<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17570298>

<sup>1</sup>Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Bingöl University, Bingöl, Türkiye.  
mergun@bingol.edu.tr ; Orcid: 0000-0002-0213-1245

<sup>2</sup>Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Atatürk University, Erzurum, Türkiye;  
nergun@bingol.edu.tr ; Orcid: 0000-0001-9338-2770

\*Sorumlu yazar: mergun@bingol.edu.tr



## 1. INTRODUCTION

The global floriculture market is a rapidly expanding horticultural industry making more valuable contributions to world agricultural economies. The world's cut flower business has been projected to exceed USD 39 billion annually by recent reports, supported by the growing demand for ornamental flowers for celebrations such as weddings, funerals, festivities, and home decor (Grand View Research, 2025). Most economically important of these species are roses, carnations, gerberas, chrysanthemums, tulips, lilies and orchids (Darras, 2021). Although these flowers are highly esteemed for their aesthetic appearance, fragrance and cultural connotations, they are extremely perishable commodities with short postharvest life.

Vase life refers to the period during which a cut flower will be structurally and aesthetically good-looking to the consumer (Reid and Kofranek, 1980). Senescence of cut flowers after flower harvest is a multifaceted process encompassing physiological, biochemical, and microbiological alterations. A number of factors determine the vase life of a plant, and among these factors, water balance is a key factor. Once cut off from the mother plant, the flowers entirely rely on the cut stem to absorb water. As maintained by Jones (2001) and van Doorn (2012) microbial growth at the stem base, xylem cavitation, and air embolism have the ability to obstruct the flow of water and thus lead to turgor loss and wilting. Research has proven that bacterial populations in vase water could be up to 10<sup>8</sup> colony-forming units (CFU) milliliter after 48 hours in the absence of a preservative solution (Marousky, 1971; van Doorn et al., 1990). Bacterial growth results in the formation of biofilms that block the xylem physically and discharge harmful metabolites, which also accelerate senescence (Bleeksma and van Doorn, 2003).

Another key factor that contributes significantly to the vase life is carbohydrate depletion. Flowers are delicate and are generally cut when they are in the bud stage, with limited internal carbohydrate reserves (Naveen et al., 2007). Lacking extra sugar, respiration rapidly drains carbohydrate reserves, causing a lack of energy for extended petal opening and maintaining metabolic activity (Pun and Ichimura, 2003). The aforementioned shortage is also characterized by various symptoms including incomplete flower opening, wilting, and in-rolling of the petals.

Ethylene is a plant growth regulator that plays a critical role in regulating senescence in most ethylene-sensitive flowers, including carnations, orchids, and lilies (Woltering and van Doorn, 1988). As cited by Reid and Wu (1992), the production of ethylene has been found to increase after harvest, with wounding stress, microbial infection and natural developmental processes being the major causative agents. Trace levels of ethylene (even as low as 0.01  $\mu\text{L/L}$ ) have been found to be capable of accelerating a number of ill effects like petal wilting, leaf abscission and flower drop. Conventional means of regulating ethylene impact comprise the application of silver thiosulfate (STS), aminoethoxyvinylglycine (AVG), and 1-methylcyclopropene (1-MCP). However, these compounds are costly and, in the instance of STS, there is a concern about the environmental problem caused by silver residues (Serek et al., 1995; Ichimura et al., 2002).

Oxidative stress is among the key causes of postharvest rot. In the aging flowers, reactive oxygen species (ROS) such as superoxide radicals and hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) are produced in their tissues (Arora et al., 2007). ROS has been shown to inflict damage on lipids, proteins and nucleic acids, which results in membrane breakdown, pigment degradation and cell death (Bartoli et al., 1995). Antioxidant enzymes like superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) were found to have a protective effect by scavenging ROS. Indeed, it has been discovered that the activities of these enzymes have a tendency to decrease with senescence (Rubinstein, 2000).

In response to these concerns, researchers in postharvest science have formulated different chemical preservative preparations. These treatments consist of biocides, e.g. silver nitrate and 8-hydroxyquinoline sulfate, sugars (e.g. glucose and sucrose), and acidifiers (e.g. citric acid) (Chen, 2024). These treatments have the advantage of considerably extending vase life, but they are associated with disadvantages such as environmental impact, toxicity, and cost (Chen, 2024). The increasing regulatory restrictions against silver compounds and increasing consumer demand for "green" products have also prompted scientists to look for natural alternatives (Solgi, 2014).

During the past decade, extracts and essential oils from plants have been considered as the promising sources of new formulations of eco-friendly floral preservative (Kumar et al., 2024). The extracts and essential oils contain antimicrobial, antioxidant, and pH-altering activities that can potentially

overcome the major reasons for the reduction in vase life. They are widely regarded as safe (GRAS) and biodegradable and therefore can be utilized in green uses (Bakkali et al., 2008).

This chapter is intended to present an extensive overview of natural product extracts applied to extend cut flower vase life. Discussion is made on the physiological and biochemical mechanisms through which the extracts function, together with the presentation of data from experimental research conducted across various flower species. Additionally, the potential for commercial application is evaluated. This review focuses particularly on the use of peppermint, rosemary, clove, cinnamon, neem, garlic, green tea, eucalyptus, cumin, caraway, moringa, *Aloe vera* and salicylic acid as natural preservatives.

## 2. MICROBIAL CONTAMINATION AND VASCULAR OCCLUSION

Microbial contamination of vase solutions is perhaps the most significant cause of cut flower early senescence and is widely accepted. Upon cutting a stem, the cut basal end is exposed to a luxuriant microbial flora of field soil, handling equipment, containers, and water supplies. The primary colonizers are bacteria like *Pseudomonas fluorescens*, *Erwinia carotovora*, *Enterobacter cloacae*, and *Xanthomonas spp.* (Sidhu and Kumar, 2024). Bacterial populations, within 24 to 48 hours, reach high densities by over  $10^8$  CFU/mL and rapidly form biofilms on the surface of xylem vessel walls (Bleeksma and van Doorn, 2003). These biofilms consist of extracellular polysaccharides, proteins, and DNA to create a slimy matrix that physically restricts water-conducting tissues (van Doorn, 1993).

The impact of microbial growth is immense, as evidenced by the drastic reduction in hydraulic conductance, resulting in a negative water balance and a loss of turgor pressure (van Doorn, 2012). Its visible symptoms include premature wilting, petal drooping, yellowing of the leaves, and loss in ornamental value (Da Silva, 2015). Bending of the stem in gerbera has been proven to be traceable directly to bacterial plugging at the stem base (Tonooka et al., 2023). In addition to the physical obstruction, the majority of the bacteria also release cell wall-degrading enzymes such as pectinases and cellulases, which lyse middle lamellae and pit membranes (Vermassen et al., 2019).

Degradation has been found to promote increased microbial penetration as well as release nutrients that promote subsequent bacterial growth.

Microorganisms have been shown to be capable of producing toxic metabolites such as ammonia, hydrogen sulfide, and phenolic compounds (Barreiro and Pratt, 1992). The damage that is caused to living stem tissues by the metabolites has been shown to accelerate the senescence process (Rani and Singh, 2014). The combined action of mechanical occlusion, enzymatic degradation, and chemical toxicity greatly inhibits water uptake capacity. Fungal pathogens *Botrytis cinerea* and *Fusarium spp.* have been observed to infect the basal stem region of roses and chrysanthemums, inducing vascular browning and necrosis (Williamson et al., 2007). It is revealed that algae and yeast harbor the capability of developing in vase solutions, particularly under light and warm conditions, thereby adding to xylem blockage (Manzoor et al., 2021; Manzoor et al., 2024).

An array of techniques has been employed with the object of preventing microbial growth. Standard practices include the use of sanitized vases, clean water sources, and the recutting of water-submerged stem bases to prevent air embolism (Nowak et al., 1990; van Doorn, 2012). Chemical biocides like 8-hydroxyquinoline sulfate (8-HQS), silver nitrate, and chlorine-containing compounds have been used in commercial preservative solutions for many years and have proved effective (Halevy and Mayak, 1981). Notwithstanding this, in view of environmental concerns and the heightened demand for safer alternatives, more attention is now being devoted to naturally occurring antimicrobials such as essential oils (e.g. thyme, peppermint, rosemary) and plant-based extracts with demonstrated bactericidal activity (Kumar et al., 2024).

### 3. LIMITATIONS OF CONVENTIONAL PRESERVATIVES

The application of classical floral preservatives has been an integral part of postharvest handling practice for several decades. It is an established fact that commercial preservative solutions contain three fundamental ingredients. These three things required are: (1) a biocide, (2) an energy source such as sucrose or glucose, and (3) an acidifier to maintain the pH between 3.5 and 4.5 (Halevy and Mayak, 1981; Nowak et al., 1990; Bushen and Abebie, 2014). Biocides such as 8-HQS, silver nitrate, STS, quaternary ammonium compounds

and chlorine derivatives are used to prevent bacterial growth and keep the xylem vessels clear (Abdel-Kader et al., 2017). Acidifiers such as citric acid or aluminum sulfate have been shown to facilitate the absorption of water through the reduction of solution pH, thus inhibiting the growth of microbials (Ichimura et al., 2006; van Doorn, 2012).

Despite their efficacy, conventional preservatives have significant drawbacks. Despite their proven utility as antimicrobials, silver compounds have been queried regarding their impact on the environment, predicated on their toxicity to aquatic life and persistence in the environment (Mat Lazim et al., 2023). Disposal of silver-containing waste solutions can be problematic, particularly for large-scale commercial activities subject to environmental regulation. In addition, 8-HQS has been reported to irritate the eyes and skin and is deemed to be dangerous in some authorities (AbdelRahman, 2022).

Chlorine-based biocides are inexpensive but may generate unwanted by-products, such as trihalomethanes, when they react with organic matter (Li et al., 1996). The utility of these compounds is further limited by their rapid volatilization from solution, an influence that is especially pronounced under warm conditions (Manzoor et al., 2021). Furthermore, quaternary ammonium compounds may cause phytotoxic effects at high concentrations, which result in leaf chlorosis and petal browning (Chen, 2024).

The second limitation pertains to consumer attitude. Increased demand for green and chemical-free products has raised questions about the use of synthetic preservatives, particularly in those markets that specialize in sustainability and organic production. Retailers are under pressure to provide safer alternatives that align with green marketing policies.

Besides, the activity of conventional preservatives tends to be extremely variable depending on species, cultivar, harvest stage, and water quality (Chen, 2024). Variable results can lead to a loss in revenue when flowers fail to meet vase life expectations. In conclusion, as can be observed, a large majority of commercial preservatives are single-use, therefore leading to increased operating cost for growers and wholesalers.

These limitations necessitate the quest for other preservatives that are effective, non-toxic, low-cost, and environmentally friendly. One such potential source of novel preservative products is plant extracts and essential oils that are recognized to possess antimicrobial and antioxidant activities (Bakkali et al.,



2008). Their constituents, mode of action, and reported efficacy in improving cut flower vase life will be reviewed in the section to follow.

#### **4. NATURAL PRODUCT EXTRACTS AS ALTERNATIVES TO SYNTHETIC PRESERVATIVES**

The disadvantages of synthetic preservatives have confronted a main research attempt to develop natural, biodegradable counterparts that are safe for human consumption and the environment. The most studied alternatives include plant-derived essential oils, crude extracts, and natural metabolites with antimicrobial and antioxidant activities. These bioactive metabolites have been shown to reduce microbial contamination, inhibit ethylene production or activity, and enhance antioxidant defense systems in cut flowers, leading to extended vase life (Bakkali et al., 2008; Khenizy et al., 2014; El-Sayed and El-Ziat, 2021; El-Sayed et al., 2025).

A large percentage of plant species have been the focus of research in terms of their potential as natural preservatives for use in cut flower solutions. Examples of the effective oils and extracts include thyme (*Thymus vulgaris*) oil (Nikkah Eshghi and Kalate, 2013), peppermint (*Mentha piperita*) oil (El-Hanafy, 2007), rosemary (*Rosmarinus officinalis*) oil (Basiri et al., 2011), clove (*Syzygium aromaticum*) oil (Pouya et al., 2019), cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) extract (Pumnuan et al., 2014), neem (*Azadirachta indica*) extract (El-Sayed et al., 2025), garlic (*Allium sativum*) extract (Zaky et al., 2014), green tea (*Camellia sinensis*) extract (Wu et al., 2016), eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) oil (Bidarigh, 2015) cumin (*Cuminum cyminum*) and caraway (*Carum carvi*) oils (Massoud et al., 2015), *Aloe vera* gel (El-Attar and Sakr, 2022), Moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract (Hassan et al., 2020), salicylic acid (Alaey et al., 2011).

##### **4.1. Thyme oil (*Thymus vulgaris*): Usage, mechanism of action, effects, and applications**

Thyme essential oil is a floral preservative from nature, which has been thoroughly investigated. This is due to its potent antimicrobial activity and relative safety. The oil is mostly composed of phenolic monoterpenes such as thymol and carvacrol, which are responsible for the bioactivity of the oil (Burt, 2004).

**Usage:** Thyme oil is typically emulsified in water with a surfactant or dissolved in ethanol prior to dilution to working levels of 25–200 µL/L (Kaviani et al., 2023). For vase solutions, proposed concentrations are generally in the range 50–100 µL/L to achieve microbial control without causing phytotoxicity (Mirdehghan and Aghamolaei, 2016). In scientific studies, thyme oil was added directly to holding solutions or blended with sucrose and acidifiers to prepare full preservative formulations.

**Mechanism of action:** Antimicrobial activity of thyme oil is caused by thyme oil's disruption of bacterial cell membranes, leading to ion leakage and cellular material leakage (Lambert et al., 2001). It was demonstrated that thymol and carvacrol penetrate into the lipid bilayer, making the membrane more permeable and disrupting the proton motive force, ultimately leading to cell death (Burt, 2004). In addition, thyme oil was found to suppress biofilm formation and quorum sensing, which are the key processes involved in the bacterial colonization of the xylem vessels (Nazzaro et al., 2017). The oil has also shown antioxidant activities that can scavenge free radicals and help protect cell membranes from oxidative injury (Youdim et al., 2002).

**Effects on cut flowers:** The application of thyme oil has been found to produce a considerable rise in vase life in a range of species. In gerbera, the use of thyme oil at 100 µL/L concentration provided an increase in vase life by 3–4 days, reduced bacterial counts in the vase water, and increased the uptake of the solution compared to the control groups (Mallahi et al., 2018). The same has also been found in cut flowers like roses, where thyme oil application lowered vascular clogging and maintained relative fresh weight (El-Shawa et al., 2022). Microscopic examination has also confirmed lower xylem clogging and lower microbial infestation at the stem base after thyme oil treatment (Kaviani et al., 2023).

**Practical applications:** Practical application in a commercial setting has been shown by the integration of thyme oil into florist and retailer ready-to-use holding solutions. The natural origin and GRAS status of the substance make it suitable for environmentally friendly markets. It is, nevertheless, necessary to exercise caution in the process of formulation in an attempt to prevent the occurrence of high concentrations, because this can result in the emission of a pungent odor or the display of phytotoxic effects, e.g., petal browning. Encapsulation technology and nano emulsions have been proposed as a means

for stability and controlled release of thymol enhancement, thereby extending its antimicrobial activity to longer display periods (Yammine et al., 2023).

#### **4.2. Peppermint (*Mentha piperita*) oil: Usage, mechanism of action, effects, and applications**

Peppermint oil is a suitable natural preservative due to its distinctive odor and intense antimicrobial activity. The chief constituents of peppermint essential oil are menthol (35–45%), menthone, and menthyl acetate, which are accountable for the distinctive cooling effect and pharmacological activity of the drug (Brahmi et al., 2017).

**Application:** Peppermint oil is generally emulsified in vase solutions in concentrations of 25–150 µL/L (Teerarak et al., 2024). In field treatments, the most common range of application is 50–100 µL/L (Teerarak et al., 2024), since at higher concentrations it may create strong odor residues and potential phytotoxicity. To achieve more homogenous distribution, the addition of a mild surfactant or ethanol carrier is recommended.

**Mechanisms of action:** Peppermint oil's antibacterial activity can mostly be explained by menthol, which has been found to disrupt bacterial cell membranes and increase their permeability, causing intracellular constituents' leakage (Kang et al., 2019). Interference with enzyme function in bacteria has also been demonstrated for peppermint oil, thus affecting energy metabolism (Kazemi et al., 2025). Besides, vapor phase has been found to exhibit fungistatic activity, and therefore suppress pathogens such as *Botrytis cinerea* in storage (Nazzaro et al., 2017).

**Effects on cut flowers:** Some research has demonstrated that adding peppermint oil to the vase water has a number of impacts (El-Hanafy, 2007; El-Shawa et al., 2022). Firstly, it was proved to reduce the density of bacteria. Secondly, it has been proved to enhance hydraulic conductance. Lastly, it has been proven to postpone visible wilting. In roses and gerbera, peppermint oil was found to prolong vase life and minimize stem bending by a high margin relative to controls (El-Hanafy, 2007; El-Shawa et al., 2022).

**Practical applications:** Peppermint oil is particularly useful in the combination of flowers, where its decongestant aroma can be considered an added value. Consumer sensory acceptability should be considered, however, as too much mint aroma does not suit all species of flowers. Formulation

methods, including microencapsulation and nano emulsions, have been demonstrated to facilitate the capability to manage release rates and moderate odor strengths (Pilicheva et al., 2021).

#### **4.3. Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) oil: Usage, mechanism of action, effects, and applications**

Rosemary, a perennial Lamiaceae herb, produces an essential oil that contains phenolic diterpenes, flavonoids, and monoterpenes such as 1,8-cineole,  $\alpha$ -pinene, camphor, and carnosic acid in quantitative amounts (Rafya et al., 2024). They are said to possess antimicrobial and antioxidant activities (El-Sayed et al., 2025). All these substances are involved in the role of the oil in microbial growth inhibition, free radical scavenging, and cell membrane integrity in postharvest systems (El-Sayed et al., 2025).

**Usage:** Essential oil of *Rosemaria officinalis* is typically dissolved in ethanol and emulsified using a mild surfactant, such as Tween-80, prior to dilution (Moussa et al., 2024). Sucrose and rosemary oil are usually employed in preparing vase solutions (Babarabie et al., 2015). Concentrations up to 400 mg/L have been shown to work better in inhibiting microbial contamination and extending flower longevity without causing phytotoxicity (El-Sayed et al., 2025).

**Mechanism of action:** The antimicrobial activity of rosemary oil is due to its lipophilic compounds (mainly 1,8-cineole and camphor) that can permeate microbial cell membranes, affect ion gradients, and lead to leakage of cell contents (Shahina et al., 2022). Its antioxidant compounds like carnosic acid and rosmarinic acid were found to neutralize ROS and, hence, oxidative stress markers like MDA and  $H_2O_2$  in flower tissues (El-Sayed et al., 2025). Rosemary oil was found to take part in vascular openness maintenance by reducing bacterial clogging of xylem vessels (El-Boraie et al., 2006).

**Effects on cut flowers:** Rosemary oil treatment in preservative solutions was also tested experimentally to prolong the vase life of *Solidago canadensis* flowers through increased water uptake, relative fresh weight, and water loss reduction (El-Sayed et al., 2025). Treatment with the extract also elevated chlorophyll, total phenol, and flavonoid content in treated flowers while also lowering oxidative stress indicators at the same time. In *Alstroemeria*, sucrose

with rosemary extracts extended vase life to 24 days, projecting its use as a universal natural preservative (Babarabie et al., 2015).

**Practical applications:** Rosemary oil can be developed as an environmentally friendly additive for holding solutions in floriculture industry. Its natural origin, strong antioxidant activity, and consumer acceptance of being friendly for use project it as a good substitute for synthetic chemicals on the market. But optimization should be done carefully to achieve a balance between strength of scent and concentration to nullify any phytotoxic side effects. The use of nano emulsion-based delivery systems is an area of research interest currently, where oil solubilization and prolonging antimicrobial activity in vase solutions are targeted (Vu et al., 2025).

#### **4.4. Clove oil (*Syzygium aromaticum*): Usage, mechanism of action, effects, and applications**

Clove a spice found native to the Maluku Islands, has an oil that is famously known to exhibit great antimicrobial and antioxidant activities. Eugenol, eugenyl acetate, and  $\beta$ -caryophyllene comprise the majority of the oil, components that have been proven to bestow bactericidal and fungicidal activities (Beuchat, 1994; Chaieb et al., 2007). It is evident that bioactive compounds are the principal reason for the research on clove oil as a natural food preservative. In addition, more recent findings have extended this into postharvest preservation of cut flowers (El-Hanafy, 2007; Amin and Diab, 2020).

**Usage:** Clove essential oil is normally dissolved in ethanol and emulsified in a surfactant, such as Tween-20 or Tween-80, prior to dilution. In cut flower studies, the 100-300 mg/L levels have been evaluated in vase solutions, generally along with sucrose (1-2%) to provide an energy substrate for flower growth (El-Hanafy, 2007; Amin and Diab, 2020). At effective concentrations (approximately 200 mg/L), clove oil inhibited microbial growth in vase water without causing perceptible phytotoxicity (Aziz et al., 2020).

**Mode of action:** Eugenol, the primary component of clove oil, has been documented to interfere with microbial cell membrane and prohibit significant enzymes, resulting in leakage and cellular death (Bai et al., 2023). Moreover, eugenol and comparable phenolics have also been reported to scavenge free radicals and thereby reduce oxidative stress and delay petal senescence

(Hashemi et al., 2014). In addition, clove oil was found to reduce the pH of vase solution and therefore make the environment unfavorable for bacterial growth but favorable for extended water uptake (Gururani et al., 2023).

**Effects on cut flowers:** Addition of clove oil to preservative solutions has been shown to increase water absorption, lower microbial clogging of xylem vessels, and increase vase life by a few days compared with controls (El-Hanafy, 2007; Gururani et al., 2023). The treated flowers have been shown to have often greater fresh and dry weights, diameters, and anthocyanin and carbohydrate contents (Pumnuan et al., 2014). Similar to the case for other oils of essentials, clove oil has proven to inhibit the decline in relative fresh weight and enhance visual quality of flowers during vase life (Hashemi et al. 2014).

**Practical applications:** Clove oil has proven suitable for use in commercial holding solutions based on GRAS status and general accessibility. Nonetheless, its intense odor characteristics and phytotoxicity risk at elevated concentrations call for optimal dosing with caution. The recent formulations of nano emulsions and encapsulation systems have proven effective in enhancing solubility, concealing odor intensity, and releasing control to achieve sustained preservative action (Majeed et al., 2016).

#### **4.5. Cinnamon extract (*Cinnamomum zeylanicum*): Usage, mechanism of action, effects, and applications**

Cinnamon is a spice of high and ancient tradition that originates from the bark of Lauraceae family trees. Its essential oil and aqueous/alcoholic extracts are very well established for their potent antimicrobial and antioxidant activities. Cinnamaldehyde, eugenol, and other phenolic compounds, which are the main contributors to bioactivity, synergistically inhibit microbial growth and oxidative damage (El-Baroty et al., 2010). The characteristics render cinnamon extract a promising naturally occurring component of cut flower preservative products.

**Usage:** Cinnamon extract or essential oil solubilization in ethanol or emulsification of the compound with a non-ionic surfactant (e.g. Tween-80) and subsequent dilution is the general trend (Liang et al., 2023). The extract can be used either alone or in combination with sucrose, in order to supply an energy source for the flowers (Gururani et al., 2023). It has been demonstrated that lower concentrations may demonstrate limited microbial control, whilst

excessively high doses (6.0 mL/m<sup>3</sup>) have been shown to cause phytotoxic effects such as stem browning or petal burn (Pumnuan et al., 2014)

**Mode of action:** The main active ingredient, cinnamaldehyde, targets microbial cell membranes, and thus their permeability and the loss of vital metabolites (El-Baroty et al., 2010). Moreover, this compound has been reported to inhibit enzymatic functions crucial for microbial existence (Didry et al., 1994). Apart from this, phenolic antioxidants in cinnamon were also discovered to scavenge free radicals and therefore inhibit the accumulation of ROS in petal tissues and delay senescence (Jing et al., 2011).

**Effect on flowers:** Research has established that the introduction of cinnamon oil or extract into vase solutions has an impressive impact on bacterial populations in holding solutions. Introduction has been shown to facilitate maintenance of vascular openness, hence enabling enhanced water uptake and prolonged vase life. Treatment with cinnamon extract induced an increase in fresh and dry weights, larger flower diameters, and increased anthocyanin and carbohydrate content compared to the untreated controls (El-Hanafy, 2007). The collective effect of the above factors results in enhanced overall aesthetic value and vascularity life of the vehicle.

**Practical applications:** Cinnamon extract is a readily available, low-cost substance that carries a natural image that is acceptable to consumers. This suggests its use in ecofriendly preservative products. Nevertheless, due to its strong odor and potential phytotoxicity at high concentrations, formulation must be undertaken with care. Encapsulation and nano emulsion technologies were explored as a way of creating a method for increasing the solubility of cinnamaldehyde, to moderate the intensity of the odor, and to facilitate controlled release of the compound for the purpose of extended preservation action in the context of commercial floriculture application (Yang et al., 2021).

#### **4.6. Neem extract (*Azadirachta indica*): Usage, mechanism of action, effects, and applications**

Neem, a plant belonging to the family Meliaceae, has been well known for its broad-spectrum antimicrobial and insecticidal activity for centuries. Neem seed oil and neem extracts contain limonoids, viz., azadirachtin, nimbin, nimbolide, and related compounds possessing antioxidant, antifungal, and antibacterial activity (Joshi and Prabhakar, 2021; El-Sayed et al., 2025). These

active ingredients make neem extract a perfect green preservative for extending the vase life of cut flowers.

**Usage:** Neem essential oil or extract is typically dissolved in ethanol and emulsified in a low-foaming surfactant (e.g., Tween-80) prior to dilution. Vase solution test concentrations of 200–400 mg/L have been employed, occasionally along with 2% sucrose as a source of energy (El-Sayed et al., 2025). The higher concentration (400 mg/L) was found to be more efficient in minimizing microbial populations, enhancing water absorption, and prolonging vase life without inducing phytotoxic effects (El-Sayed et al., 2025).

**Mode of action:** Neem extract is found to have antimicrobial action through the disruption of microbial cell walls, inhibition of quorum sensing, and interference with enzyme activity (Mahmoud et al., 2024). Limonoids such as azadirachtin and nimbolide are inhibitory to fungal and bacterial growth, whereas flavonoids and phenolic acids enhance antioxidant activity by scavenging ROS and preventing lipid peroxidation in flower tissues (Mohanasundaram and Antoneyraj, 2025). Neem application has been shown to reduce MDA and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> content, thereby reducing oxidative stress (El-Sayed et al., 2025).

**Effect on cut flowers:** Neem oil at 400 mg/L concentration has been reported to extend significantly the vase life of *Solidago canadensis* (El-Sayed et al., 2025). The reason for this effect is increased water uptake, relative fresh weight retention, and reduced water loss compared to the control (El-Sayed et al., 2025). Besides, it has been demonstrated that neem-treated flowers contain more chlorophyll, carotenoids, total phenols and flavonoids, and less clogged xylem vessels with fewer microbes (El-Sayed et al., 2025). Synergistic interaction of the factors resulted in enhanced postharvest quality and delayed senescence (El-Sayed et al., 2025).

**Practical applications:** It is obvious that neem extract is a good replacement for synthetic floral preservatives that is affordable and eco-friendly. Antimicrobial and antioxidant properties of this compound render it particularly useful in the preservation of both the physiological and aesthetic life of cut flowers. While neem's pungent smell may limit use in some consumer markets, encapsulation and controlled-release products are under development to overcome such a limitation and provide prolonged activity in commercial uses (Ghoshal and Sandal, 2024).



#### **4.7. Garlic extract (*Allium sativum*): Usage, mechanism of action, effects, and applications**

Garlic has been employed for millennia in folk medicine and food preservation due to its intensive antimicrobial activity. The most of its biological activity is attributable to organosulfur compounds like allicin, diallyl disulfide, and ajoene, which are produced upon crushing fresh garlic cloves. These have been reported to be highly antibacterial, antifungal, and antioxidant (Beuchat, 1994; Goncagul and Ayaz, 2010). It is apparent that the inherent characteristics of garlic extract make it a good candidate for inclusion in cut flower preservative solutions.

**Usage:** Garlic extract may be formulated as an aqueous or ethanol solution and incorporated into vase solutions at concentrations of 100-300 mg/L, occasionally supplemented with sucrose (1-2%) to provide a source of energy (Zaky et al., 2014). The emulsification process, when performed with the help of a gentle surfactant (e.g., Tween-20 or Tween-80), has been reported to enhance solubilization. Mild concentration levels (approximately 200 mg/L) have been reported to be the best in the inhibition of microbial growth without phytotoxicity, e.g., softening of stems or chlorosis of leaves (Zaky et al., 2014)

**Mechanism of action:** Allicin and other sulfur-containing compounds have been found to disrupt microbial membrane, inhibit essential metabolic enzymes, and disrupt quorum sensing (Bhatwalkar et al., 2021). This, in turn, has been found to annihilate xylem vessel colonization by bacteria (Chung et al., 2006). The compounds also act as antioxidants by reducing free radicals and abating oxidative stress in flower tissues. Moreover, garlic extract has been shown to reduce the pH of the vase solution, thereby creating an unfavorable environment for microbe growth and enhancing improved water absorption (Roopa et al., 2021).

**Effects on cut flowers:** Addition of garlic extract to vase solutions has been observed to enhance vase life of cut flowers like carnations and roses (Jitareerat et al., 2007; Zaky et al., 2014). It is achieved by limiting microbial growth in holding solutions, relative fresh weight maintaining, and flower diameter and petal color maintaining (Zaky et al., 2014).

**Practical applications:** Garlic is inexpensive, readily available, and simple to handle, thus qualifying it as a viable eco-friendly alternative to chemical preservatives. Its strong smell might prevent its immediate application

in food commercial markets. To address this issue, research is currently being conducted on the use of encapsulation and nano emulsion technologies for improved stability, odor intensity suppression and controlled release of bioactive sulfur molecules (Hassanzadeh et al., 2023).

#### **4.8. Green tea extract (*Camellia sinensis*): Usage, mechanism of action, effects, and applications**

*Camellia sinensis* L. or green tea is a member of the family Theaceae and widely used as a drink. It contains polyphenolic compounds and more specifically catechins such as epigallocatechin gallate (EGCG), epicatechin (EC), and epigallocatechin (EGC). The latter are said to have very good antioxidant and antimicrobial properties (Hu et al., 2009), suggesting that green tea extract could be an effective natural preservative for vase life of cut flowers.

**Usage:** Green tea extract is typically prepared as an aqueous or ethanol-based solution in preservative solutions (Wu et al., 2016). In the context of floral applications, moderate concentrations (approximately 200 mg/L) in combination with sucrose (2%) have been identified as the most effective measures to prolong vase life while preventing phytotoxicity (Wu et al., 2016).

**Mechanism of action:** Catechins in green tea extract exhibit action through several mechanisms: Antimicrobial activity of the compound results from its interaction with microbial cell membranes, causing loss of membrane permeability (Ignasimuthu et al., 2019). The antioxidant activity of the compound is a consequence of its ability to scavenge ROS and inhibit lipid peroxidation, thus resulting in reduced levels of MDA and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Zhong et al., 2023). The third activity is enzyme inhibition caused by its disruption of microbial proteases and oxidases, resulting in senescence promotion. In combination, these procedures have been demonstrated to reduce microbial colonization of vase solutions and reduce oxidative stress in petal tissue.

**Effects on cut flowers:** Green tea extract has a significant effect on the reduction of microbial proliferation in vase water (Wu et al., 2016). Furthermore, it has been shown to improve solution uptake and to maintain a higher relative fresh weight in comparison to untreated controls (Wu et al., 2016). Furthermore, flowers treated with green tea extract exhibit the decline in anthocyanin concentrations (Wu et al., 2016).

**Practical applications:** Green tea extract is an inexpensive, widely available product with a favorable image among consumers owing to its health-conscious image. Utilization as a natural flower preservative aligns with chemical-free and eco-friendly postharvest practices. However, the natural color and mild astringent smell of concentrated extracts can limit easy use; purified catechin fractions or nano emulsions thus are being explored for useful industrial application (Gadkari et al., 2017).

#### **4.9. Eucalyptus oil (*Eucalyptus globulus*): Usage, mechanism of action, effects, and applications**

Eucalyptus, a member of the Myrtaceae family tree, produces an essential oil whose past dates to a wide range of applications. The oil has been used in medicine, food conservation, and aromatics. The oil is characterized by the content of a high percentage of oxygenated monoterpenes, predominantly 1,8-cineole (eucalyptol),  $\alpha$ -pinene, and limonene, which collectively account for its antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory activities (Ameur et al., 2021). These bioactivities warrant its use as a natural adjuvant in cut flower preservative solutions.

**Usage:** Eucalyptus essential oil may be solubilized in ethanol and emulsified using Tween-80 prior to dilution in vase solutions (Elfiyani et al., 2017). In floricultural experiments, the efficacy of eucalyptus oil has been assayed at a concentration of up to 400 milligrams per liter, sometimes supplemented with 2% sucrose as an energy source for cut flowers (El-Sayed et al., 2025). Without causing any phytotoxicity, it has been discovered that the greater dose (400 mg/mL) is more effective at inhibiting microbial development and prolonging vase life (El-Sayed et al., 2025).

**Mechanism of action:** 1,8-cineole in eucalyptus oil is the reason for the antimicrobial property of eucalyptus oil, as it has been found to destabilize microbial membranes, induce greater permeability, and lead to cell death (Moo et al., 2021). The antioxidant compounds of the plant reduce oxidative stress by free radical scavenging (Cai et al., 2021).

**Effect on cut flowers:** Application of eucalyptus oil at the levels of 200 to 400 mg/L was found to enhance vase life of *Solidago canadensis* by virtue of maintaining higher relative fresh weight, enhancing solution uptake, and reducing microbial populations in vase water (El-Sayed et al., 2025). Flower

treatment resulted in higher preservation of higher chlorophyll, phenol and flavonoid levels, and a visible transparency of the xylem vessels with less microbial plugging (El-Sayed et al., 2025). All these enhancements resulted in lower senescence and enhanced postharvest quality as compared to untreated controls.

**Practical applications:** Eucalyptus oil is an inexpensive, ubiquitous, and natural product with a consumer attractiveness. The strong scent of the compound would be objectionable in certain business applications. Encapsulation and nano emulsion technologies have been shown to enhance solubility, stabilize bioactive components, and produce controlled release for prolonged antimicrobial action (Van Vuuren et al., 2010).

#### **4.10. Cumin oil (*Cuminum cyminum*): Usage, mechanism of action, effects, and applications**

Cumin, a spice belonging to the Apiaceae family, produces an essential oil that has traditionally been applied for preserving foodstuffs as well as in medicine (Nadeem and Riaz, 2012). Cuminaldehyde,  $\gamma$ -terpinene, and p-cymene are the abundant constituents of its oil, chemicals that exhibit intense antimicrobial and antioxidant activity (Nadeem and Riaz, 2012). Constituents of this nature render cumin oil a potential natural preservative for cut flowers.

**Usage:** Typically, cumin oil is dissolved in ethanol and emulsified with a non-ionic surfactant, such as Tween-80, prior to incorporation into vase solutions (Fariman and Tehranifar, 2011). The effective concentrations of the substance range between 100–300 mg/L, often in combination with sucrose to supply carbohydrates for flowers (Mirjalili, 2023).

**Mechanism of action:** Cumin aldehyde is the major bioactive constituent and brings about action by inducing disruption of microbial cell walls, inhibiting respiration, and inducing leakage of cellular materials. The oil also exhibits antioxidant activity that possesses free radical scavenging and inhibition of oxidative stress in petal tissues. These activities have been demonstrated to inhibit microbial plugging of xylem vessels and thereby improve maintenance of water uptake (Mirjalili, 2023).

**Effect on flowers:** It has been reported that vase solutions with cumin oil have enhanced water uptake, delayed senescence, and extended vase life by several days compared to the untreated controls. The flowers were immersed in

the solution and found that they had better fresh weight, chlorophyll retention, and lower microbial growth in holding solutions (Mirjalili, 2023).

**Practical applications:** Cumin oil is inexpensive, easily accessible, and biodegradable. But its odor might inhibit direct commercial use. Encapsulation and nano emulsion delivery systems are engineered to enhance stability and odor masking, hence enabling more practical floriculture uses (Kanakdande et al., 2007).

#### **4.11. Caraway oil (*Carum carvi*): Usage, mechanism of action, effects, and applications**

Caraway, which is yet another spice of the Apiaceae family, is also said to produce an essential oil of great preservative and medicinal interest. The oil's principal constituents are carvone and limonene, with smaller amounts of carveol and other terpenes, which are responsible for the antimicrobial and antioxidant properties of the oil (Hromiš et al., 2015).

**Usage:** Caraway oil is typically dissolved in ethanol and emulsified with Tween-80 prior to its incorporation into vase solutions (Nesreen et al., 2022). Concentration of 50 milligrams per liter has been examined and found to be effective in controlling microbial growth without causing phytotoxic responses (El-Sheshtawy and El-Serafy, 2016).

**Mechanism of action:** Carvone and limonene are known to penetrate bacterial membranes, thereby altering their permeability and deactivating the enzyme systems that are essential for microbial metabolism (Bouyahya et al., 2021). Apart from this, carvone was also seen to reduce the contents of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and lipid peroxidation products in flower tissues, thereby contributing to membrane integrity and senescence delay (Gururani et al., 2023).

**Effects on cut flowers:** The application of caraway oil in vase solutions has been demonstrated to result in a reduction in microbial contamination, enhanced water uptake, and delayed wilting (Damunupola et al., 2010; Gururani et al., 2023). It was demonstrated that the application of a treatment to flowers resulted in the retention of higher relative fresh weight and greater longevity in comparison with untreated controls (Mohammadi Kabari and Jadid Soleimandarabi, 2019).

**Practical applications:** Caraway oil is also natural and safe and could find application in vase solutions that are environmentally friendly. Similar to

cumin oil, the strong smell means that direct commercial use may be limited, but encapsulation and controlled-release technology is being developed to bypass this issue.

#### **4.12. *Aloe vera* gel: Usage, mechanism of action, effects, and applications**

*Aloe vera* a succulent plant in the Asphodelaceae family, has been extensively used in cosmetics, pharmaceuticals, and food preservation. This is because it is rich in polysaccharides, vitamins, phenolic compounds, and organic acids. *Aloe vera* gel, which is obtained from inner leaf parenchyma, has been reported to exhibit antimicrobial, antioxidant, and hydrating properties (Saleem et al., 2022) that are useful in preserving the vase life of cut flowers.

**Usage:** Fresh *Aloe vera* gel or aqueous extract of it is often filtered and added to vase solutions directly. It is evident that the lower concentrations (i.e., concentrations <2.5%) tend to give little preservative effect (El-Attar and Sakr, 2022). *Aloe vera* gel is frequently blended with sucrose (2%) for enhanced energy supply and extended vase life (El-Attar and Sakr, 2022).

**Mechanism of action:** The polysaccharides (acemannan, glucomannan) in *Aloe vera* gel form a surface layer on stem surfaces and so retard water loss and delay wilting (El-Attar and Sakr, 2022). Phenolics and vitamins in the material are also antioxidants that neutralize ROS and minimize oxidative stress (Heş et al., 2019). The gel also exhibits antimicrobial action, thanks to anthraquinones (emodin, aloin) and saponins (Otieno, 2022), which have been found to suppress the growth of bacteria in vase solutions and prevent blockage of xylem.

**Effects on cut flowers:** It has been proven in research that application of *Aloe vera* gel significantly prolongs vase life of cut roses (Kavosiv et al., 2013), gerberas (Jafarpour et al., 2015), and carnations (El-Attar and Sakr, 2022). In comparison to the control treatment, the flowers' water intake was improved, their petal senescence was decreased. Alongside an increase in the relative fresh weight of the flowers, the application of *aloe vera* gel also led to a decrease in the number of microorganisms in the holding solutions (Shokalu et al., 2021).

**Practical applications:** *Aloe vera* gel is inexpensive, non-toxic, and widely acceptable by consumers. The gel-like consistency of the substance in question may pose formulation issues in industrial preservative blends.

However, dilution, encapsulation, and blending with other natural preservatives has been found to enhance its stability and workability (Ghayempour et al., 2016).

#### **4.13. Moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract: Use, mechanisms, effects, and applications**

Moringa leaf extract (MLE) has been a very effective natural flower preservative due to its high phytohormone content (especially zeatin), amino acids, antioxidants, flavonoids, and essential macro- and micronutrients (Ananias, 2015; Stohs and Hartman, 2015). The substances act in synergy to enhance vase life, promote physiological activity, and reduce oxidative stress in plant tissues (Ahmad et al., 2018; Younis et al., 2018; Hassan and Fetouh, 2019).

**Usage:** Preparing MLE typically involves blending fresh leaves with water and subsequent filtration prior to use. Dilutions most commonly used are 1-4% in vase solutions (Hassan and Fetouh, 2019). For gladiolus, 3% MLE raised vase life by 10 days over the control, but there was no further benefit at higher levels. In cut rose, MLE application at 1:20 or 1:30 (v/v) has been reported to enhance the vase life by eight days as compared with that of control stems (Hassan et al., 2020). Moreover, application of MLE in combination with sucrose in vase solutions was reported to result in outstanding improvement of floret opening. and extension of display life (Younis et al., 2018; Akhtar et al., 2021).

**Mechanism of action:** Preservative action of MLE is due to various actions: Antioxidant defense: MLE has been reported to enhance the catalytic activity of CAT, peroxides (POX), and SOD, thereby reducing the process of senescence induced by ROS (Hassan and Fetouh, 2019; Ndlovu et al., 2022). Photosynthetic protection: It has been established that the process prevents chlorophyll pigments loss and delays degradation, thereby facilitating energy metabolism during vase life (Hassan and Fetouh, 2019). Water balance: It has been established that MLE can reduce vascular blockage by regulating microbial growth (Hassan et al., 2020; Soliman and El-Sayed, 2023). This, on its part, has been established to increase relative water content as well as solution uptake (Telebrico, 2024).

**Cut flower effects:** Favorable response has been repetitively attained in all the species. In gladiolus, MLE-treated spikes had greater floret opening, fresh weight retention, and senescence reduction (Hassan and Fetouh, 2019; Younis et al., 2018). In roses, MLE has been compared with moringa seed extract (MSE) and found to be superior in terms of vase life extension with gains reported of a few days without affecting petal colour and stem rot (Hassan et al., 2020). Experiments conducted with geraniums and carnations also confirm that MLE preserves water relations, decreases the microbial count, and enhances relative water content (Akhtar et al., 2021; Gururani et al., 2023).

**Practical applications:** MLE is affordable, environmentally friendly, and nontoxic to both human beings and the environment, and thus presents a high attractiveness towards sustainable floriculture. It can be employed as a pulsing treatment at harvest time, incorporated into vase water at retail level, or mixed with sucrose for synergistic applications. However, formulation should be of interest: highly concentrated extracts or erroneous combinations (e.g., sucrose + MLE at low temperature) could inhibit activity by gelling or clogging the xylem vessels (Hassan et al., 2020).

#### **4.14. Salicylic acid (SA): Usage, mechanism of action, effects, and applications**

SA is a phenolic plant compound that has been established as critical in plant defense and stress signaling. SA has been the focus of research in postharvest floriculture since it holds the promise as an environmentally friendly preservative because of its antimicrobial activity, antioxidant activity, and its capability to regulate senescence pathway in cut flowers (Alaey et al., 2011; Rahmani et al., 2015; Khandan-Mirkohi et al., 2021).

**Usage:** SA typically enters application in vase solutions and in concentrations between 1 and 200 mg/mL, depending on the floral type. Cyclic pulsing of gladiolus spikes with 150 mg/L SA, for instance, prolonged vase life (Saeed et al., 2016) and 100 and 200 mg/L has been effective with roses (Ghadimian and Dananei, 2020). Care and precision must be exercised in dosage since phytotoxicity is caused by high concentrations, as attested by petal browning. Sucrose or STS has traditionally been used in combination with SA to enhance preservative efficiency (Marandi et al., 2011; Ghadimian and Dananei, 2020)



**Mechanism of action:** The preservative action of SA is induced through a variety of mechanisms. As demonstrated by Kazami et al. (2011), SA has been found to inhibit the growth of bacteria and fungi in vase water and prevent vascular occlusion and encourage water absorption preservation. As demonstrated by Saeed et al. (2016), SA has been found to enhance CAT, POX, and SOD activities. These enzymes are able to scavenge ROS and thus curb oxidative damage. Ethylene biosynthesis has been shown to induce a senescence delay in ethylene-sensitive flowers like carnation (Kazemi et al., 2011). As uncovered by Kazami et al. (2012), the application of SA has been shown to prevent loss of chlorophyll, carotenoids, and membrane integrity, thereby reducing lipid peroxidation as well as increasing the freshness of petals.

**Effects on cut flowers:** Extensive research has been conducted on the subject matter, and the findings of the experiments have consistently demonstrated the efficacy of SA. In gerbera, 100 mg/L SA extended vase life by 4-6 days, reduced microbial counts, and improved water relations (Mehdikhah et al., 2016). In roses, treatment with SA increased fresh weight retention, reduction in stem bending, and retardation in petal wilting (Alaey et al., 2011; Gerailoo and Ghasemmezahad, 2011; Kazemi et al., 2012). Also, treatment of gerbera with SA resulted in senescence delay, lipid peroxidation and polyphenol oxidase decrease (Shabanian et al., 2019).

**Practical applications:** SA is inexpensive, not toxic, and readily available, making it an ideal choice for sustainable preservation of flowers. The product is allowed to be used as a pulsating treatment upon harvesting, or else as part of vase solutions for consumers and retailers to use. Concentration however is a limiting step in this activity. Very high concentrations of SA have been reported to decrease visual quality through petal damage or extreme stiffness (Budiarto et al., 2022). The development of novel delivery forms, such as encapsulation or controlled-release formulations, can also potentially enhance its use in floriculture on a practical basis.

## 5. FUTURE PERSPECTIVES

It is recommended that future research efforts concentrate on the knowledge of synergistic action of various plant extracts, development of formulations in standardized form, and conducting large-scale trials under business scenario. Omics technologies (transcriptomics, metabolomics) may

provide greater insight into plant chemical response to natural therapies and allow identification of biomarkers for delayed senescence.

Combined, natural product extracts present a potential and green alternative to chemical preservatives. Effective implementation of the knowledge relies on a collaborative process between researchers, farmers, and industry stakeholders to provide efficacy, safety, and cost-effectiveness.

## REFERENCES

- Abdel-Kader, H., Hamza, A., Elbaz, T. & Eissa, S. (2017). Effects of some chemicals on vase life of some cut flowers I. Effect of 8-hydroxyquinoline sulfate, silver nitrate, silver nano particles and chitosan on vase life and quality of cut rose flowers (*Rosa hybrida*. cv. "Black Magic"). *Journal of Plant Production*, 8(1), 49-53.
- AbdelRahman, S.H. (2022). Effect of some preservative solutions on vase life of *Helianthus annuus*. *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, 27(2), 366-378.
- Abebie, B. & Mekonnen, E. (2014). Pulsing of carbohydrates, biocides, and ethylene action inhibitor on vase life of cut rose (*Rosa hybrida* L.) flowers. *African Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(2), 71-88.
- Ahmad, I., Naseem, T., Dole, J.M. & Basra, S.M.A. (2018). Moringa leaf extract pulse extends longevity of selected cut flowers. *Acta Horticulturae*, 1263, 487-496.
- Akhtar, G., Rajwana, I.A., Sajjad, Y., Shehzad, M.A., Amin, M., Razzaq, K., Ullah, S., Faried, H.N. & Farooq, A. (2021). Do natural leaf extracts involve regulation at physiological and biochemical levels to extend vase life of gladiolus cut flowers?. *Scientia Horticulturae*, 282, 110042.
- Alaey, M., Babalar, M., Naderi, R. & Kafi, M. (2011). Effect of pre-and postharvest salicylic acid treatment on physio-chemical attributes in relation to vase-life of rose cut flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 61(1), 91-94.
- Ameur, E., Sarra, M., Yosra, D., Mariem, K., Nabil, A., Lynen, F. & Larbi, K.M. (2021). Chemical composition of essential oils of eight Tunisian Eucalyptus species and their antibacterial activity against strains responsible for otitis. *BMC complementary Medicine and Therapies*, 21(1), 209.
- Amin, O.A. & Diab, R.I. (2020). Effect of essential oils on storage and keeping quality of gladiolus cut flowers. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants*, 7(4), 579-597.

- Ananias, N.K. (2015). *Antioxidant activities, phytochemical, and micro-nutrients analysis of African Moringa (Moringa ovalifolia)*. PhD Thesis, University of Namibia, Namibia.
- Arora, A., Singh, V.P., Sindhu, S.S., Rao, D.N. & Voleti, S.R. (2007). Oxidative stress mechanisms during flower senescence. *Plant Stress*, 1(2), 157-172.
- Aziz, S., Younis, A., Jaskani, M.J. & Ahmad, R. (2020). Effect of PGRs on antioxidant activity and phytochemical in delay senescence of lily cut flowers. *Agronomy*, 10(11), 1704.
- Babarabie, M., Zarei, H. & Varasteh, F. (2015). The effect of Rosemary essential oils and thymol on vase life and some physiological characteristics of Alstroemeria cut flowers. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 4(3), 122-126.
- Bai, J., Li, J., Chen, Z., Bai, X., Yang, Z., Wang, Z. & Yang, Y. (2023). Antibacterial activity and mechanism of clove essential oil against foodborne pathogens. *Lwt*, 173, 114249.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446-475.
- Barreiro, R. & Pratt, J.R. (1992). Toxic effects of chemicals on microorganisms. *Water Environment Research*, 64(4), 632-641.
- Bartoli, C.G., Simontacchi, M., Guiamet, J.J., Montaldi, E. & Puntarulo, S. (1995). Antioxidant enzymes and lipid peroxidation during aging of chrysanthemum petals. *Plant Science*, 104(2), 161-168.
- Basiri, Y., Zarei, H., Mashayekhy, K. & Pahlavany, M.H. (2011). Effect of rosemary extract on vase life and some qualitative characteristics of cut carnation flowers (*Dianthus caryophyllus* cv. White liberty). *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 2(14), 261-265.
- Beuchat, L.R. (1994). Antimicrobial Properties of Spices and Their Essential Oils. In: Dillon, V.M. & Board, R.G. (Eds.) *Natural Antimicrobial Systems and Food Preservation*, pp. 167-179. CAB International, Wallingford, UK.
- Bhatwalkar, S.B., Mondal, R., Krishna, S.B.N., Adam, J.K., Govender, P. & Anupam, R. (2021). Antibacterial properties of organosulfur compounds of garlic (*Allium sativum*). *Frontiers in Microbiology*, 12, 613077.

- Bidarigh, S. (2015). Improvement vase life of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum* L.) cut flowers using essential oils of geranium, eucalyptus and myrtus. *Journal of Ornamental Plants*, 5(4), 213-221.
- Bleeksma, H. & van Doorn, W. (2003). Embolism in rose stems as a result of vascular occlusion by bacteria. *Postharvest Biology and Technology*, 29, 335-341.
- Bouyahya, A., Mechchate, H., Benali, T., Ghchime, R., Charfi, S., Balahbib, A., Burkov, A., Shariati, M.A., Lorenzo, J.M. & Omari, N.E. (2021). Health benefits and pharmacological properties of carvone. *Biomolecules*, 11(12), 1803.
- Brahmi, F., Khodir, M., Mohamed, C. & Pierre, D. (2017). Chemical Composition and Biological Activities of Mentha Species. In: El-Shemy H.A (Ed.), *Aromatic and Medicinal Plants-Back to Nature*, pp.47-49. IntechOpen Limited, London, UK.
- Budiarto, K., Zamzami, L. & Endarto, O. (2022). Effect of salicylic and ascorbic acids on post-harvest vase life of Chrysanthemum cut flowers. *Horticultural Science*, 49(1), 38-47.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review, *Int. Journal of Food Microbiology*, 94, 223-253.
- Bushen, E.M. & Abebie, B. (2014). Pulsing of carbohydrates, biocides, and ethylene action inhibitor on vase life of cut rose (*Rosa hybrida* L.) flowers. *African Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(2), 71-83.
- Cai, Z.M., Peng, J.Q., Chen, Y., Tao, L., Zhang, Y.Y., Fu, L.Y., Long, Q-D. & Shen, X.C. (2021). 1, 8-Cineole: a review of source, biological activities, and application. *Journal of Asian Natural Products Research*, 23(10), 938-954.
- Chaieb, K., Hajlaoui, H., Zmantar, T., Kahla-Nakbi, A. B., Rouabhia, M., Mahdouani, K. & Bakhrouf, A. (2007). The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (*Syzigium aromaticum* L. Myrtaceae): a short review. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 21(6), 501-506.

- Chen, S. (2024). Review of recent advances in chemical preservatives for cut flowers. *British Journal Biology Studies*, 4, 1-8.
- Chung, L.Y. (2006). The antioxidant properties of garlic compounds: allyl cysteine, alliin, allicin, and allyl disulfide. *Journal of Medicinal Food*, 9(2), 205-213.
- Da Silva, J.A.T. (2015). Ornamental Cut Flowers: Physiology In Practice. In: Da Sliva, J.A.T (Ed.), *Floriculture Ornamental Biotech, Advances and Topical Issues (Edition 1)*, pp.124-140. Global Science Books.
- Damunupola, J.W., Qian, T., Muusers, R., Joyce, D.C., Irving, D.E. & Van Meeteren, U. (2010). Effect of S-carvone on vase life parameters of selected cut flower and foliage species. *Postharvest Biology and Technology*, 55(1), 66-69.
- Darras, A. (2021). Overview of the dynamic role of specialty cut flowers in the international cut flower market. *Horticulturae*, 7(3), 51.
- Didry, N., Dubreuil, L. & Pinkas, M. (1994). Activity of thymol, carvacrol, cinnamaldehyde and eugenol on oral bacteria. *Pharmaceutica Acta Helvetiae*, 69, 25-28.
- El-Attar, A.B.E.D.S. & Sakr, W.R.A. (2022). Extending vase life of carnation flowers by postharvest nano silver, humic acid and *Aloe Vera* gel treatments. *Ornamental Horticulture*, 28, 67-77.
- El-Baroty, G.S., Abd El-Baky, H.H., Farag, R.S. & Saleh, M.A. (2010). Characterization of antioxidant and antimicrobial compounds of cinnamon and ginger essential oils. *African Journal of Biochemistry Research*, 4(6), 167-174.
- El-Boraie, E., El-Hindi, K.M. & Foudaa, R.A. (2006). Structural and physiological responses of rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.) plans under salinity conditions. *Journal of Plant Production*, 31(9), 5881-5898.
- Elfiyani, R., Amalia, A. & Pratama, S. (2017). Effect of using the combination of tween 80 and ethanol on the forming and physical stability of microemulsion of eucalyptus oil as antibacterial. *Journal of Young Pharmacists*, 9(1), 1-4.
- El-Hanafy, S.H. (2007). Alternative additives to vase solution that can prolong vase life of carnation (*Dianthus caryophyllus*) flowers. *Journal of Product and Development*, 12(1), 263-276.

- El-Sayed, I.M. & El-Ziat, R.A. (2021). Utilization of environmentally friendly essential oils on enhancing the postharvest characteristics of *Chrysanthemum morifolium* Ramat cut flowers. *Heliyon*, 7(1), e05909.
- El-Sayed, I.M., El-Ziat, R.A.M., Saady, H.S. & Hewidy, M. (2025). Ameliorating quality and vase life of *Solidago canadensis* flowers via supplementation of eucalyptus, neem and rosemary as phyto-preserver oils. *BMC Plant Biology*, 25, 1070.
- El-Shawa, G.M., El-Saka, M.M. & Kasem, M.M. (2022). Physiological and anatomical studies on the bending in rose and gerbera cut flowers treated with silver nanoparticles and thyme oil. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants*, 9(4), 319-341.
- El-Sheshtawy, A.A. & El-Serafy, R.S. (2016). Improving the postharvest quality of chrysanthemum cut flowers by natural preservative solution. *Menoufia Journal of Plant Production*, 1(1), 113-123.
- Fariman, Z.K. & Tehranifar, A. (2011). Effect of essential oils, ethanol and methanol to extend the vase-life of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) flowers. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 5(14), 91-94.
- Gadkari, P., Shashidhar, M. & Balaraman, M. (2017). Delivery of green tea catechins through Oil-in-Water (O/W) nanoemulsion and assessment of storage stability. *Journal of Food Engineering*, 199, 65-76.
- Gerailoo, S. & Ghasemnezhad, M. (2011). Effect of salicylic acid on antioxidant enzyme activity and petal senescence in 'Yellow Island' cut rose flowers. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 19(1), 183-193.
- Ghadimian, S. & Danaei, E. (2020). Influences of ascorbic acid and salicylic acid on vase life of cut flowers rose (*Rosa hybrida* cv. black magic). *The Journal of Environment, Agriculture and Biological Sciences*, 2(1), 1-6.
- Ghayempour, S., Montazer, M. & Rad, M.M. (2016). Simultaneous encapsulation and stabilization of Aloe vera extract on cotton fabric for wound dressing application. *RSC Advances*, 6(113), 111895-111902.
- Ghoshal, G. & Sandal, S. (2024). Neem essential oil: Extraction, characterization, and encapsulation. *Food Chemistry Advance*, 4, 100702.

- Goncagul, G. & Ayaz, E. (2010). Antimicrobial effect of garlic (*Allium sativum*). *Recent Patents on Anti-infective Drug Discovery*, 5(1), 91-93.
- Grand View Research. (2025). Cut Flowers Market Size, Share and Trends (2024–2030). Grand View Research, <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/cut-flowers-market-report>, (Accessed: 22 September 2025).
- Gururani, M.A., Atteya, A.K., Elhakem, A., El-Sheshtawy, A.N.A. & El-Serafy, R.S. (2023). Essential oils prolonged the cut carnation longevity by limiting the xylem blockage and enhancing the physiological and biochemical levels. *PLoS One*, 18(3), e0281717.
- Halevy, A.H. & Mayak, S. (1981). Senescence and postharvest physiology of cut flowers. *Horticultural Reviews*, 3, 59-143.
- Hashemi, M., Mirdehghan, S.H. & Farahmand, H. (2014). The effects of thymol, menthol and eugenol on quality and vase-life of chrysanthemum cut flowers. *Iran Agricultural Research*, 32(2), 55-70.
- Hassan, F.A.S. & Fetouh, M.I. (2019). Does moringa leaf extract have preservative effect improving the longevity and postharvest quality of gladiolus cut spikes? *Scientia Horticulturae*, 250, 287-293.
- Hassan, F.A.S., Mazrou, R., Gaber, A. & Hassan, M.M. (2020). Moringa extract preserved the vase life of cut roses through maintaining water relations and enhancing antioxidant machinery. *Postharvest Biology and Technology*, 164, 111156.
- Hassanzadeh, H., Rahbari, M., Galali, Y., Hosseini, M. & Ghanbarzadeh, B. (2023). The garlic extract-loaded nanoemulsion: study of physicochemical, rheological, and antimicrobial properties and its application in mayonnaise. *Food Science & Nutrition*, 11(7), 3799-3810.
- Heś, M., Dziedzic, K., Górecka, D., Jędrusek-Golińska, A. & Gujska, E. (2019). *Aloe vera* (L.) Webb.: natural sources of antioxidants—a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 74(3), 255-265.
- Hromiš, N.M., Bulut, S.N., Lazić, V.L., Popović, S.Z., Šuput, D. Z., Markov, S.L., Žužana, G., Vaštag, G. & Džinić, N.R. (2015). Effect of caraway essential oil on the antioxidant and antimicrobial activity of chitosan film. *Food and Feed Research*, 42(1), 31-42.
- Hu, J., Zhou, D. & Chen, Y. (2009). Preparation and antioxidant activity of green tea extract enriched in epigallocatechin (EGC) and



- epigallocatechin gallate (EGCG). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(4), 1349-1353.
- Ichimura, K., Shimizu, H., Hiraya, T. & Hisamatsu, T. (2002). Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the vase life of cut carnation, delphinium and sweet pea flowers. *Bulletin of the National Institute of Floricultural Science*, 2, 1-8.
- Ichimura, K., Taguchi, M. & Norikoshi, R. (2006). Extension of the vase life in cut roses by treatment with glucose, isothiazolinonic germicide, citric acid and aluminum sulphate solution. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 40(3), 263-269.
- Ignasimuthu, K., Prakash, R., Murthy, P.S. & Subban, N. (2019). Enhanced bioaccessibility of green tea polyphenols and lipophilic activity of EGCG octaacetate on gram-negative bacteria. *Lwt*, 105, 103-109.
- Jafarpour, M., Reza Golparvar, A., Askari Khorasgani, O. & Amini, S. (2015). Improving postharvest vase-life and quality of cut gerbera flowers using natural and chemical preservatives. *Journal of Central European Agriculture*, 16(2), 199-211.
- Jing, H., Tan, X., Xu, J., Zhou, G. & Li, G. (2011). Cinnamaldehyde prolongs the vase life of cut rose through alleviating oxidative stress. *European Journal of Horticultural Science*, 76(2), 69-74.
- Jitareerat, P., Ruenroengklin, N., Uthairatanakij, A. & Wongs-Aree, C. (2007). Use of herbal extracts for inhibiting microbial growth in holding solutions of cut-rose. *Acta Horticulturae*, 804, 291-296.
- Jones, R. (2001). Caring for cut flowers. Landlinks Press, Collingwood, WIC, Australia.
- Joshi, M. & Prabhakar, B. (2021). *Azadirachta indica* (neem) in Various Infectious Diseases. In: Murad, F., Atta-ur-Rahman, F.R.S., Bian, K. (Eds.), *Infectious Diseases*, pp.128-147. Bentham Books.
- Kanakdande, D., Bhosale, R. & Singhal, R.S. (2007). Stability of cumin oleoresin microencapsulated in different combination of gum arabic, maltodextrin and modified starch. *Carbohydrate Polymers*, 67(4), 536-541.
- Kang, J., Jin, W., Wang, J., Sun, Y., Wu, X. & Liu, L. (2019). Antibacterial and anti-biofilm activities of peppermint essential oil against *Staphylococcus aureus*. *Lwt*, 101, 639-645.

- Kaviani, B., Motlagh, M.S. & Nazarpour, M.G. (2023). Effect of thyme essential oil and ethanol on vase life and some physiological traits of alstroemeria (*Alstroemeria* sp.). *Iranian Journal of Plant Physiology*, 13(3), 4627-4636.
- Kavosiv, M., Mirzakhani, A. & Hakimi, L. (2013). Influences of Thyme oil (*Thymus vulgaris* L.), *Aloe vera gel* and some chemical substances on vase-life of cut *Rosa hybrida* cv. White naomi. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(5), 970-975.
- Kazemi, A., Iraj, A., Esmacalzadeh, N., Salehi, M. & Hashempur, M.H. (2025). Peppermint and menthol: a review on their biochemistry, pharmacological activities, clinical applications, and safety considerations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 65(8), 1553-1578.
- Kazemi, M., Hadavi, E. & Hekmati, J. (2011). Role of salicylic acid in decreases of membrane senescence in cut. *American Journal of Plant Physiology*, 6, 106-112.
- Kazemi, M., Hadavi, E. & Hekmati, J. (2012). Effect of salicylic acid, malic acid, citric acid and sucrose on antioxidant activity, membrane stability and ACC-oxidase activity in relation to vase life of carnation cut flowers. *Journal of Agricultural Technology*, 8(6), 2053-2063.
- Khandan-Mirkohi, A., Pirgazi, R., Taheri, M.R., Ajdanian, L., Babaei, M., Jozay, M. & Hesari, M. (2021). Effects of salicylic acid and humic material preharvest treatments on postharvest physiological properties of statice cut flowers. *Scientia Horticulturae*, 283, 110009.
- Khenizy, S., Abd El-Moneim, A. & Abdel-Fattah, G.H. (2014). Effect of natural extracts on vase life of gypsophila cut flowers. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants*, 1(1), 1-16.
- Kumar, M., Kumar, R., Motla, R., Sharma, M., Shukla, D., Kaushik, K. & Singh, R. (2024). Innovative eco-friendly approaches to enhance the vase life of cut flowers: A comprehensive Review. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 27(12), 36-45.
- Lambert, R.J.W., Skandamis, P.N., Coote, P.J. & Nychas, G.J. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology*, 91(3), 453-462.

- Li, J. W., Yu, Z., Cai, X., Gao, M. & Chao, F. (1996). Trihalomethanes formation in water treated with chlorine dioxide. *Water Research*, 30(10), 2371-2376.
- Liang, D., Wang, C., Luo, X., Wang, Z., Kong, F. & Bi, Y. (2023). Preparation, characterization and properties of cinnamon essential oil nano-emulsion formed by different emulsifiers. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 86, 104638.
- Mahmoud, G.A.E., Rashed, N.M., El-Ganainy, S.M. & Salem, S.H. (2024). Unveiling the neem (*Azadirachta indica*) effects on biofilm formation of food-borne bacteria and the potential mechanism using a molecular docking approach. *Plants*, 13(18), 2669.
- Majeed, H., Liu, F., Hategekimana, J., Sharif, H.R., Qi, J., Ali, B., Bian, Y-Y., Ma, J., Yokoyama, W. & Zhong, F. (2016). Bactericidal action mechanism of negatively charged food grade clove oil nanoemulsions. *Food Chemistry*, 197, 75-83.
- Mallahi, T., Ramezani, A., Saharkhiz, M.J., Javanmardi, J. & Iraj, A. (2018). Antimicrobial activities of Asafoetida and Shirazi thyme essential oils improve the vase life of gerbera cut flowers. *Acta Ecologica Sinica*, 38(3), 228-233.
- Manzoor, A., Ahmad, R. & Naveed, M.S. (2021). Impact of different biocidal compounds for improvement of vase life and quality of cut flowers: A review. *Integrative Plant Sciences*, 1(1), 01-14.
- Manzoor, A., Bashir, M.A., Naveed, M.S., Akhtar, M.T. & Saeed, S. (2024). Postharvest chemical treatment of physiologically induced stem end blockage improves vase life and water relation of cut flowers. *Horticulturae*, 10(3), 271.
- Marandi, R.J., Hassani, A., Abdollahi, A. & Hanafi, S. (2011). Improvement of the vase life of cut gladiolus flowers by essential oils, salicylic acid and silver thiosulfate. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(20), 5039-5043.
- Marousky, F. (1971). Inhibition of vascular blockage and increased moisture retention in cut roses induced by ph, 8-hydroxyquinoline citrate, and sucrose. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 96(1), 38-41.

- Massoud, H.Y., Kassem, M.M. & Farag, N.B. (2015). Effect of some essential oils on cut flowers of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum* Ram.) cv. *Journal of Plant Production*, 6(4), 563-574.
- Mat Lazim, Z., Salmiati, S., Marpongahtun, M., Arman, N.Z., Mohd Haniffah, M.R., Azman, S., Yong, E.L. & Salim, M.R. (2023). Distribution of silver (Ag) and silver nanoparticles (AgNPs) in aquatic environment. *Water*, 15(7), 1349.
- Mehdikhah, M., Onsinejad, R., Ilkaee, M.N. & Kaviani, B. (2016). Effect of salicylic acid, citric acid and ascorbic acid on post-harvest quality and vase life of gerbera (*Gerbera jamesonii*) cut flowers. *Journal of Ornamental Plants*, 6(3), 181-191.
- Mirdehghan, S.H. & Aghamolaei, Z. (2016). Application of various concentrations of essential oils of savory, ajowan and thyme to maintain quality and shelf life of gladiolus cut flower. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 3(1), 33-41.
- Mirjalili, S.A. (2023). Assessment the effect of cumin (*Cuminum cyminum* L.) essential oil on the vase life and quality of rose cut flowers. *Technology of Medicinal and Aromatic Plants of Iran*, 5(1), 66-46.
- Mohammadi Kabari, S.F. & Jadid Soleimandarabi, M. (2019). Improving Alstroemeria vase life by plant extracts and 8-Hydroxyquinoline sulfate. *Journal of Ornamental Plants*, 9(1), 1-11.
- Mohanasundaram, P. & Antoneyraj, M. (2025). A systematic review of neem flower (*Azadirachta indica*): a promising source of bioactive compounds with pharmacological and immunomodulating properties. *Traditional Medical Research*, 10(7), 41(1-20).
- Moo, C.L., Osman, M.A., Yang, S.K., Yap, W.S., Ismail, S., Lim, S.H.E., Chong, M. & Lai, K.S. (2021). Antimicrobial activity and mode of action of 1, 8-cineol against carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae*. *Scientific Reports*, 11(1), 20824.
- Moussa, M.M., Mazrou, R.M. & Hassan, F.A. (2024). How Sage and Rosemary essential oils regulate postharvest senescence and extend the vase life of cut Gladiolus spikes. *Horticulturae*, 10(6), 638.
- Nadeem, M. & Riaz, A. (2012). Cumin (*Cuminum cyminum*) as a potential source of antioxidants. *Pakistan Journal of Food Science*, 22(2), 101-107.

- Naveen, K., Srivastava, G.C., Kiran, D., Aarti, M. & Madan, P. (2007). Role of carbohydrates in flower bud opening in rose (*Rosa hybrida* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(2), 235-242.
- Nazzaro, F., Fratianni, F., Coppola, R., De Feo, V. (2017). Essential oils and antifungal activity. *Pharmaceuticals*, 10(4), 86.
- Ndlovu, S.S., Ghazi, T. & Chuturgoon, A.A. (2022). The potential of *Moringa oleifera* to Ameliorate HAART-Induced Pathophysiological complications. *Cells*, 11(19), 2981.
- Nesreen, M.D., Hosni, A.M. & Ouda, M.S. (2022). The vase life and quality of cut *Gerbera Jamesonii* cv. 'Rosalin' flowers are affected by natural essential oils (in normal and nano forms) and nano-silver particles. *Journal of Applied Horticulture*, 24(2), 145-152.
- Nikkah Eshghi, S. & Kalate, J.S. (2013). Application methods of *Thymus vulgaris* essential oil and their effect on vase life and qualitative traits of *Gladiolus grandiflorus* L. cut flowers. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 3(4), 243-250.
- Nowak, J., Rudnicki, R.M. & Duncan, A.A. (1990). Postharvest Handling and Storage of Cut Flowers, Florist Greens, and Potted Plants (Vol. 1). Chapman and Hall, London, UK.
- Otieno, P.O. (2022). *A review on antiplasmodial potential and quantification of aloin and aloe-emodin in aloe vera*. PhD Thesis, Busimata University, Uganda.
- Pilicheva, B., Uzunova, Y. & Katsarov, P. (2021). Comparative study on microencapsulation of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and peppermint (*Mentha piperita* L.) essential oils via spray-drying technique. *Molecules*, 26(24), 7467.
- Pouya, Z., Hassani, R.N. & Zarehaghi, D. (2019). Effect of savory and clove essential oils on vase life, flower and leaf water balance in cut rose flower cv. Velvet. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(1), 163-172.
- Pumnuan, J., Khurnpoon, L. & Insung, A. (2014). Changes of cut orchid quality after fumigation with clove and cinnamon essential oils. *Acta Horticulturea*, 1079, 521-525.
- Pun, U. & Ichimura, K. (2003). Role of sugars in senescence and biosynthesis of ethylene in cut flowers. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 37, 219-224.

- Rafya, M., Zehhar, N., Hafidi, A. & Benkhalti, F. (2024). Chemical profiling and biological activity assessment of volatile and non-volatile compounds in *Rosmarinus officinalis* residues. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 14(1), 80-97.
- Rahmani, I., Ahmadi, N., Ghanati, F. & Sadeghi, M. (2015). Effects of salicylic acid applied pre-or post-transport on post-harvest characteristics and antioxidant enzyme activity of gladiolus cut flower spikes. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 43(4), 294-305.
- Rani, P. & Singh, N. (2014). Senescence and postharvest studies of cut flowers: a critical review. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 37(2), 159-201.
- Reid M.S. & Kofranek A.M. (1980). Postharvest physiology of cut flowers. *Chronica Horticulturae*, 20(2), 25-27.
- Reid, M.S. & Wu, M.J. (1992). Ethylene and flower senescence. *Plant Growth Regulation*, 11(1), 37-43.
- Roopa, R.A., Chandrashekar, S.Y. & Harishkumar, K. (2021). Vase life studies in cut flowers of *Anthurium* (*Anthurium andraeanum* Lind.) cv. Tropical as influenced by organic preservatives. *Agricultural Research Journal*, 58(2), 291-296.
- Rubinstein, B. (2000). Regulation of cell death in flower petals. *Plant Molecular Biology*, 44, 303-318.
- Saeed, T., Hassan, I., Abbasi, N.A. & Jilani, G. (2016). Antioxidative activities and qualitative changes in gladiolus cut flowers in response to salicylic acid application. *Scientia Horticulturae*, 210, 236-241.
- Saleem, A., Naureen, I., Naeem, M., Murad, H.S., Maqsood, S. & Tasleem, G. (2022). *Aloe vera* gel effect on skin and pharmacological properties. *Scholars International Journal of Anatomy and Physiology*, 5(1), 1-8.
- Serek, M., Sisler, E.C. & Reid, M.S. (1995). Effects of 1-MCP on the vase life and ethylene response of cut flowers. *Plant Growth Regulation*, 16(1), 93-97.
- Shabanian, S., Nasr Esfahani, M., Karamian, R. & Tran, L.S.P. (2019). Salicylic acid modulates cutting-induced physiological and biochemical responses to delay senescence in two gerbera cultivars. *Plant Growth Regulation*, 87(2), 245-256.

- Shahina, Z., Al Homsy, R., Price, J.D., Whiteway, M., Sultana, T. & Dahms, T.E. (2022). Rosemary essential oil and its components 1, 8-cineole and  $\alpha$ -pinene induce ROS-dependent lethality and ROS-independent virulence inhibition in *Candida albicans*. *PLoS One*, 17(11), e0277097.
- Shokalu, A.O., Israel, J., Mosunmola, O., Eniola, O., Gift, E., Adebayo, A. & Henry, A. (2021). *Aloe vera* and STS solution on microbial population and vase life of *Heliconia* cut flowers. *Ornamental Horticulture*, 27(4), 470-475.
- Sidhu, H.S. & Kumar, D. (2024). Major Diseases of Cut Flowers. In: Khna, M.R., Haque, A. (Eds.), *Diseases of Ornamental, Aromatic and Medicinal Plants*, pp.1-60. Bentham Science Publishers.
- Solgi, M. (2014). Evaluation of plant-mediated silver nanoparticles synthesis and its application in postharvest Physiology of cut Flowers. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 20, 279-285.
- Soliman, D.M. & El-Sayed, I.M. (2023). Study postharvest characteristics, chemical composition and antimicrobial activity of *Dianthus caryophyllus* L., cut flowers using some essential oils. *Ornamental Horticulture*, 29(1), 37-47.
- Stohs, S.J. & Hartman, M.J. (2015). Review of the safety and efficacy of *Moringa oleifera*. *Phytotherapy Research*, 29(6), 796-804.
- Teerarak, M., Pilasombut, K. & Laosinwattana, C. (2024). Peppermint essential oil enhances the vase life of *Dendrobium* orchids. *Heliyon*, 10(11), e31636.
- Telebrico, M. (2024). Comparative analysis of sucrose and moringa (*Moringa oleifera* lam.) leaf extracts as natural additives to prolong the vase life of rose (*Rosa x hybrida*) cut flowers. *Journal of Interdisciplinary Perspectives*, 2(11), 313-323.
- Tonooka, M., Homma, Y., Toyozumi, T. & Ichimura, K. (2023). Stem bending in cut gerbera under the condition of suppressing bacterial proliferation is associated with the weakening of the stem strength. *Scientia Horticulturae*, 319, 112153.
- van Doorn, W.G., De Witte, Y. & Perik, R.R.J. (1990). Effect of antimicrobial compounds on the number of bacteria in stems of cut rose flowers. *Journal of Applied Bacteriology*, 68(2), 117-122.

- van Doorn, W. (1993). Vascular occlusion in stems of cut rose flowers. Ph.D. Thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- van Doorn, W.G. (2012). Water relations of cut flowers: An update. *Horticultural Reviews*, 40(1), 55-106.
- Van Vuuren, S.F., du Toit, L.C., Parry, A., Pillay, V. & Choonara, Y.E. (2010). Encapsulation of essential oils within a polymeric liposomal formulation for enhancement of antimicrobial efficacy. *Natural Product Communications*, 5(9), 1401-1408.
- Vermassen, A., Leroy, S., Talon, R., Provot, C., Popowska, M. & Desvaux, M. (2019). Cell wall hydrolases in bacteria: Insight on the diversity of cell wall amidases, glycosidases and peptidases toward peptidoglycan. *Frontiers in Microbiology*, 10, 331.
- Vu, G.M., Tran, N.H., Tran, M.P.L., Dam, A.N., Lieu, N.N., Nguyen, N.M., Ngo, N.Y.L., Dinh, T.N.N. & Nguyen, D.Q. (2025). Saponin-stabilized nanoemulsions co-encapsulating grape seed oil and rosemary essential oil: Formulation, characterization, stability, and antioxidant capacity. *Journal of Molecular Liquids*, 437, 128495.
- Williamson, B., Tudzynski, B., Tudzynski, P. & van Kan J.A.L. (2007). *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, 8, 561-580.
- Woltering, E.J. & van Doorn, W.G. (1988). Role of ethylene in senescence of petals—morphological and taxonomical relationships. *Journal of Experimental Botany*, 39(11), 1605-1616.
- Wu, L.Y., Xiao, H., Zhao, W.J., Sun, P. & Lin, J.K. (2016). Effect of green tea extract powder on the vase-life of fresh-cut rose (*Rosa hybrida* L.) ‘Carola’ stems. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 91(3), 279-284.
- Yamine, J., Gharsallaoui, A., Fadel, A., Mechmechani, S., Karam, L., Ismail, A. & Chihib, N.E. (2023). Enhanced antimicrobial, antibiofilm and ecotoxic activities of nanoencapsulated carvacrol and thymol as compared to their free counterparts. *Food Control*, 143, 109317.
- Yang, K., Liu, A., Hu, A., Li, J., Zen, Z., Liu, Y., Tang, S. & Li, C. (2021). Preparation and characterization of cinnamon essential oil nanocapsules and comparison of volatile components and antibacterial ability of



- cinnamon essential oil before and after encapsulation. *Food Control*, 123, 107783.
- Youdim, K.A., Deans, S.G. & Finlayson, H. J. (2002). The antioxidant properties of thyme (*Thymus zygis* L.) essential oil: an inhibitor of lipid peroxidation and a free radical scavenger. *Journal of Essential Oil Research*, 14(3), 210-215.
- Younis, A., Akhtar, M.S., Riaz, A., Zulfiqar, F., Qasim, M., Farooq, A., Tariq, U., Ahsan, M. & Bhatti, Z.M. (2018). Improved cut flower and corm production by exogenous moringa leaf extract application on gladiolus cultivars. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 17(4), 25-38.
- Zaky, A.A., Khenizy, S.A. & Eldeeb, E.E. (2014). The role of some organic matters on the keeping quality and extending the vase life of carnation (*Dianthus caryophyllus* cv. America) cut flowers. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants*, 1(2), 163-170.
- Zhong, W., Tang, M., Xie, Y., Huang, X. & Liu, Y. (2023). Tea polyphenols inhibit the activity and toxicity of *Staphylococcus aureus* by destroying cell membranes and accumulating reactive oxygen species. *Foodborne Pathogens and Disease*, 20(7), 294-302.

## BÖLÜM 2

### DUT ISLAHININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Prof. Dr. Halil İbrahim OĞUZ<sup>1\*</sup>,  
Dr. Duygu ÖZELÇİ<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17571921>

<sup>1</sup>Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adıyaman, Türkiye.  
hioguz@adiyaman.edu.tr, Orcid: 0000-0003-2213-7449

<sup>2</sup>Kayısı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, No:157/1, Yeşilyurt, Malatya, Türkiye.  
duygu.ozelci@tarimorman.gov.tr, Orcid: 0000-0003-1621-1980

\*Sorumlu yazar: hioguz@adiyaman.edu.tr



## 1. DUT BİTKİSİNİN KÖKENİ VE DÜNYADA DAĞILIMI

Dut (*Morus* spp) bitkisinin kökeni kuzey yarımküreden özellikle Himalaya eteklerinde ve güney yarımkürenin tropik bölgelerine kadar uzanmaktadır (Hou, 1994; Benavides ve ark., 1994). Vavilov (1951), dut bitkisinin gen merkezinin Çin ve Japonya olduğunu bildirmiştir. Ancak ilk dönemlerde yürütülen kazı çalışmalarında elde edilen fosiller üzerinde moleküler çalışmalar Moraceae familyasının ilk türlerinin Avrasya'dan güney yarım küreye taşındığı bildirilmektedir (Collinson, 1989). Yapılan araştırmalara göre *Morus* cinsinin, 50° Güney ile 10° Kuzey enlemleri arasındaki bütün bölgelerde yetiştiği bildirilmektedir. *Morus* cinsi deniz seviyesinden yaklaşık 4000 metreye kadar Asya, Avrupa, Kuzey ve Güney Amerika ve Afrika'da yetiştiği bilinmektedir (Vijayan ve Sangannavar, 2020). Amerika kıtasında *Morus*'un, *M. insignis*, *M. celtidifolia*, *M. corylifolia* ve *M. mexicana* gibi 4 türü bulunmaktadır. Çin'de dutun 24 türü bulunmakta bunlardan *M. alba*, *M. ulticaulis*, *M. atropurpurea* ve *M. mizuho* türleri sadece ipek böcekçiliği üretiminde kullanılmaktadır. Japonya'da, 19 türden sadece üç tür yaygın olarak yetiştirilmekte olup bunlar *M. alba*, *M. bombycis*, *M. latifoila* türleridir. Hindistan'da ise *Morus alba* ve *M. indica* türleri tam olarak kültüre alındığı, *M. serrata* ve *M. laevigata* türleri ise hala Himalayalar'da yabani olarak yetiştiği bilinmektedir. Buna ilaveten Afrika'nın nemli, yarı nemli ve yarı kurak bölgelerinde *M. mesozygia* deniz seviyesinden 1000 m yüksekliğe kadar iyi yetiştiği bildirilmiştir (Le Houerou, 1980).

*Morus* cinsine ait 68 tür bulunmasına rağmen bu türlerin hepsi ipek böceği yetiştiriciliğine uygun değildir. İpek böceği üretiminde diğer türlerin kullanılmamasının başlıca nedenleri; düşük yaprak verimi ve yaprağın iriliği, hasat edilen yapraklardaki düşük nem içeriği ve hasattan sonra yaprakların su tutma özelliğinin zayıf olması, düşük protein içeriği ve benzeri nedenlerden dolayı ipek böceği besleme kalitesinin düşük olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Fakat ipek böcekçiliği özellikle Asya ülkelerinde yaygın olarak üretilmektedir. Bu ülkelerde ipek böceği (*Bombyx mori* L.) üretimi koza, dut yetiştiriciliği hayati önem taşıyan sektörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Das and Krishnaswami, 1969).

Dünyada yabani dutların türlerinin büyük çoğunluğu dut ıslahında genetik kaynak olarak çoğunlukla kullanılmamıştır. Ancak son yıllarda kültürü yapılan dut türlerinin sınırlı gen havuzlarından geliştirilen yeni çeşitlerin

genetik olarak daha homojen oldukları ancak patojenlere ve olumsuz çevre koşullarına karşı daha hassas oldukları bilinmektedir (Asins ve Carbonell 1989). Bu nedenle son yıllarda Hindistan ve Çin gibi ülkelerde dut ıslahı için oluşturdukları gen kaynakları vasıtasıyla yabani ve egzotik dut genotiplerini dut ıslah çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. Ayrıca ıslahçılar veya botanikçiler bazı dut türlerinin yetiştiği bölgelerde aldığı yerel isimleri, o türün kökenini ya da morfolojik yapılarının tanımlanmasında ayırt edici özellikler olarak kabul etmişlerdir. Örneğin, *M. alba* meyve ve kabuk rengi nedeniyle “beyaz dut” olarak adlandırılmıştır. Sharma ve ark. (2000), göre beyaz dutun Çin’e özgü olduğunu bildirmiş ve böylece dünyanın birçok ülkesinde beyaz beyaz dut ismiyle yayılmıştır. Benzer şekilde, *M. nigra*, taşıdığı koyu kırmızı meyve nedeniyle “karadut” olarak adlandırılmıştır. Anavatanı İran olan karadut, Güney Avrupa ve Güneybatı Asya’da meyveleri için yetiştirilmekte ve Akdeniz ülkelerinde de yetişen en önemli türdür (Tutin 1996). Karadut (Türkçe adı “Kara Dut”), lezzetli yenilebilir meyvelerinden dolayı Türkiye’de yaygın olarak yetiştirilen bir türdür (Yaltirik 1982). Ilıman iklim koşulları nedeniyle Türkiye’de özellikle Çoruh vadisi, önemli karadut popülasyonuna sahip bir bölgedir (Ercisli ve Orhan, 2008; Can ve ark., 2021). Karadut, günümüzde de lezzetli, aroması güzel, yenilebilir, iri meyvelerinden dolayı tüketiciler tarafından çok sevilen türlerden biridir. *Morus rubra* L.’ morfolojik yapısı özellikle gövde ve meyve yapısı dikkate alınarak kırmızı dut olarak tanımlanmıştır. Aslında kırmızı dut Kuzey Amerika’ya özgüdür ve koloni döneminden beri Amerika’da yetiştirilmekte olup, meyvesinden şarap yapılmakta ve ayrıca meyvesi değerli bir tarımsal gıda ürünü ve yaban hayatı için ise yemi olarak da kullanılmaktadır (Sharma ve ark., 2000). Ayrıca menşeye göre *M. tartarica* “Rus dutu”, *M. serrata* “Himalaya dutu”, *M. mesozygia* “Afrika dutu”, *M. celtidifolia* “Meksika dutu”, *M. microphylla* “Teksas dutu” ve *M. australis* “Çin dutu” olarak adlandırılmaktadır (Vijayan ve Sangannavar, 2020; Da Costa, ve ark., 2021).

Son zamanlarda dut üzerinde çalışan taksonomistler dut bitkisinin angiosperm filogenetik grubu (AGP) II 2003)’na ait olduğu, moleküler filogenilerden elde edilen kanıtlara dayanılarak, Moraceae familyasını Rosales takımına yerleştirdiklerini bildirmişlerdir. Aynı şekilde *Morus* cinsi de morfolojik ve fenolojik karakterlere dayalı olarak birçok türe ayrılmıştır (Koidzumi, 1917; Engler ve Prantl, 1924; Bounocore, 1941; Leroy, 1949;

Ledebour, 1951; Hotta, 1954; Katsumata, 1972). Yine bu konuda yoğun çalışmaları nedeniyle *Morus* cinsini sınıflandıran taksonomistler arasında Koidzumi (1917) ve Hotta (1954) özel olarak anılmaktadırlar. Koidzumi (1917), *Morus* cinsini *Dolichostylae* (uzun stil) ve *Macromorus* (kısa stil) olmak üzere iki bölüme ayırmış ve her bölüm altında stigmatik tüylerin doğasına göre *Papillosae* ve *Pubescentae* olmak üzere iki grupta tanımlamıştır. Dut bitkisinde yaprak, çiçeklenme ve morfolojik karakterler kullanılarak grupları 24 tür ve bir alt tür olarak sınıflandırılmıştır (Vijayan ve Sangannavar, 2020).

*Morus* cinsinin botanik olarak taksonomisi (Aisar, 2024), tarafından yedi türün tanınmasıyla başlamıştır. Daha sonra, 18. Yüzyılda sınıflandırma sistemi eşeyli sistemlerden, 21. Yüzyılda ise modern moleküler filogenetik sisteme doğru geliştikçe, cinsin taksonomik konumu ve içindeki tür sayısı birçok değişikliğe uğramıştır. Hooker, (1885), doğal sınıflandırma sistemini izleyerek *Morus* L. cinsini, *Urticales* takımı altında *Moraceae* familyasının *Moreae* familyasını yerleştirmiştir. Daha sonra Takhtajan, (1980), morfolojik karakterlerden çıkarılan filogenetik ilişkilere dayanarak *Morus* cinsini, odunsu çiçekli bitkiler arasında gelişmiş birtakım olarak kabul edip, *Urticales* takımının *Moraceae* familyası altına yerleştirmiştir.

Leroy (1949), bu grubu *Eumorus* (neotropik tür *M. insignis* hariç tüm türler), *Gomphomorus* (neotropik tür *M. insignis* ve sinonimi *M. trianae*) ve *Afromorus* (Afrika türü *M. mesozygia*) gibi üç alt cinse ayırmış olsa da bu ayrım taksonomistlerce çok fazla rağbet görmemiştir. Daha sonra Hotta (1954), *Morus*'un yaprağındaki sistolit hücrelerinin şekli ve konumuna göre *Dolychocystolithiae* ve *Brachycystolithiae* olmak üzere iki bölüme ayırmış ve 35 türü tanıtmıştır. Şimdiye kadar, *Index Kewensis*'te 150'den fazla dut türüne atıfta bulunulmuştur, ancak bunların çoğu ya sinonim olarak ya da türden ziyade çeşit (çoğunlukla *M. alba*) olarak ele alınmış ve hatta bazıları ortak cinslere aktarılmıştır. Örneğin, *M. tinctoria* ve *M. zanthoxylon*, *Maclura nuttal* cinsine dahil edilmiştir. *Morus*'un *Moraceae*'nin henüz revize edilmemiş tek cinsi olması dikkat çekicidir (Berg, 2001).

**Çizelge 1.** Çin'de geliştirilen yüksek verimli dut çeşitleri (Vijayan et al., 2011a).

| Çeşit            | Seleksiyon ve İslah Yöntemi           | Yıl  | Uygun Bölge                                                               |
|------------------|---------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------|
| Siansang 305     | Mutasyon ıslahı                       | 2001 | Huanghe Nehri vadisi                                                      |
| Beisang 1        | Yerel dutlardan seleksiyon ıslahı     | 1995 | Sincan Nehri vadisi, Orta ve Huanghe Nehri'nin alt kısımları              |
| Nongsang 8       | Melezleme ıslahı                      | 2000 | Sincan Nehri vadisi                                                       |
| Huangluxuan      | Yerel çeşitlerden seleksiyon ıslahı   | 1998 | Huanghe Nehri vadisi                                                      |
| Jihu 4           | Melezleme ıslahı                      | 1989 | Kuzeydoğu bölgesi                                                         |
| Dazhonghua       | Poliploidi ıslahı                     | 1996 | Sincan Nehri vadisi                                                       |
| Xinyiyuan        | Mutasyon ıslahı                       | 1995 | Sincan nehri vadisi, Orta ve Huanghe nehri'nin alt kısımları              |
| Nongsang 14      | Melezleme ıslahı                      | 2000 | Sincan Nehri vadisi                                                       |
| Yu 237           | Melezleme ıslahı                      | 1989 | Sincan Nehri vadisi                                                       |
| Xuanqiu 1        | Yerel dutlardan seleksiyon ıslahı     | 1989 | Kuzeydoğu bölgesi                                                         |
| 7307             | Yerel dutlardan seleksiyon ıslahı     | 1989 | Sincan Nehri vadisi                                                       |
| Husang 32        | Yerel çeşitlerden seleksiyon ıslahı   | 1989 | Sincan Nehri vadisi, Orta ve Huanghe Nehri'nin alt kısımları              |
| Xiang 7920       | Melezleme ıslahı                      | 1995 | Sincan Nehri vadisi                                                       |
| Canzhuan 4       | Yerel dutlardan seleksiyon ıslahı     | 2001 | Sincan Nehri Vadisi                                                       |
| Huamingsang      | Yerel dutlardan seleksiyon ıslahı     | 1994 | Anhui eyaletinde Chizhou, Xuanzhou, Anqing ve Shandong eyaletindeki Linyi |
| 7946             | Melezleme ıslahı                      | 1998 | Huanghe Nehri vadisi                                                      |
| Yu 2             | Melezleme ıslahı                      | 1989 | Sincan Nehri vadisi                                                       |
| Shigu 11-6       | Mutasyon ıslahı                       | 1995 | Sincan Nehri vadisi, Orta ve Huanghe Rive'nin alt kısımları               |
| Xuan 792         | Seleksiyon ıslahı                     | 1989 | Huanghe Nehri vadisi                                                      |
| Yu 711           | Melezleme ıslahı                      | 1995 | Sincan Nehri vadisi, Orta ve Huanghe Nehri'nin alt kısımları              |
| Yu 151           | Melezleme ıslahı                      | 1989 | Sincan Nehri vadisi                                                       |
| Hongxin 5        | Melezleme ıslahı                      | 1995 | Sincan Nehri vadisi, Orta ve Huanghe Nehri'nin alt kısımları              |
| Lunjiao 40       | Yerel çeşitlerden seleksiyon ıslahı   | 1989 | Zhujiang Nehri vadisi                                                     |
| Wan 7707         | Selected from local seedling mulberry | 1994 | Anhui eyaletinde Chizhou, Xuanzhou, Anqing ve Shandong eyaletindeki Linyi |
| Huangsang 14     | Yerel dutlardan seleksiyon ıslahı     | 1989 | Sincan Nehri vadisi                                                       |
| Lunjiao 40       | Yerel çeşitlerden seleksiyon ıslahı   | 1989 | Zhujiang Nehri vadisi                                                     |
| Shi 11           | Yerel çeşitlerden seleksiyon ıslahı   | 1989 | Zhujiang Nehri vadisi                                                     |
| Xinyizhilan      | Tanıtilmiş çeşit                      | 1995 | Sincan Nehri vadisi; Huanghe Nehir Vadisi                                 |
| Jialing 16       | Poliploidi ıslahı                     | 1998 | Sincan Nehri vadisi                                                       |
| Tang10 x Lun 109 | Melezleme ıslahı                      | 1989 | Zhujiang Nehri vadisi                                                     |
| Nongsang 12      | Melezleme ıslahı                      | 2000 | Sincan Nehri vadisi                                                       |

Bununla birlikte, günümüzde 68 dut türü yaygın olarak bilinmekte olup bunların çoğu Asya'da, özellikle Çin, Japonya, Kore ve Hindistan'da bulunmaktadır (Datta, 2002). Ayrıca Çizelge 1'de görüldüğü üzere çeşit, seleksiyon ve ıslah yöntemi, yıl (1989-2001) ve uygun bölge dikkate alınarak Çin'de geliştirilen yüksek verimli dut çeşitleri bir bütün halinde verilmiştir. Bu çizelgeden de anlaşıldığı kadarıyla Çin'in dut ıslahında önemli ilerlemeler kaydettiği görülmektedir. Bununla birlikte, bu türlerin çoğunun doğal çapraz melezlemeye uğradığını ve verimli melezlerin bu şekilde oluştuğu bildirilmiştir (Das ve Krishnaswami 1965; Dwivedi ve ark., 1989; Tikader ve Dandin 2007). Türler arası doğal melezleme sonucu gerçekleşen bu yüksek başarı oranı, bu türlerin nispeten daha yakın genetik ilişkilere sahip olduğunu ve bu nedenle “tür” statülerinin daha fazla araştırılması gerektiği bildirilmektedir (Gnanesh, vd., 2023). *Morus* spp.'nin taksonomisi hakkındaki genel olarak ıslahçıların yetersiz bilgiye sahip olmasının nedeni yukarıda belirtilen doğal melezlemelerden kaynaklanmaktadır. Bir diğer nedeni ise, son araştırmaların üzerinde çalıştıkları çoğu genotiplerin sadece seracılık açısından önemli türler üzerinde durmaları nedeniyle sınırlı kalmasıdır. Bu nedenle, diğer türler ve bunların kültüre alınmış türlerle ilişkileri hakkındaki bilgiler çok yetersiz kalmaktadır (Zhao ve ark. 2006).

Çizelge 2'de görüldüğü gibi Hindistan'da Merkezi Seracılık Araştırma ve Eğitim Enstitüsü (CSRTI), Karnataka Eyaleti Seracılık Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü (KSSRDI), Bölgesel Seracılık Araştırma İstasyonu (RSRS), Acil tıbbi hizmetler (EMS), enstitülerinde 19 dut çeşidi ıslah edilmiştir. Bu ıslah çalışmalarında daha çok meyvelerin biyokimyasal içerikleri, meyve kalitesi ve verim durumlarının yansısı, ipek böcekçiliği için yaprak kalınlığı, yaprakların su tutma özellikleri kuvvetli kök sistemleri ve yaprakların hastalık ve zararlılara karşı duyarlılık durumları dikkate alınmıştır.



**Çizelge 2.** Hindistan'da ıslah çalışmaları ile geliştirilen yüksek verimli dut (*Morus alba*) çeşitleri (Vijayan, et al., 2011)

| Çeşit       | Bölge                                                  | Geliştirilen Enstitü    | Kökene                                                            |
|-------------|--------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Kanva-2     | Güney Hindistan (Sulunan)                              | CSRTI, Mysore           | Doğal seleksiyon                                                  |
| S-36        | Güney Hindistan (Sulunan)                              | CSRTI, Mysore           | Berhampore yerel acil sağlık hizmetleri tedavisi ile geliştirildi |
| S-54        | Güney Hindistan (Sulunan)                              | CSRTI, Mysore           | Berhampore yerel acil sağlık hizmetleri tedavisi ile geliştirildi |
| Victory-1   | Güney Hindistan (Sulunan)                              | CSRTI, Mysore           | S30 x C776 Hibritlerinden                                         |
| DD          | Güney Hindistan (Sulunan)                              | KSSRDI, Thalaghattapura | Klonal seleksiyon                                                 |
| S-13        | Güney Hindistan (Sulunan)                              | CSRTI, Mysore           | Polikros (karışık polen) bireylerden seleksiyon                   |
| S-34        | South India (Yağmurla sulanan)                         | CSRTI, Mysore           | Polikros (karışık polen) bireylerden seleksiyon                   |
| MR-2        | Güney Hindistan (Yağmurla sulanan)                     | CSRTI, Mysore           | Serbest tozlanmış hibritlerden seleksiyon                         |
| S-1         | Doğu ve Kuzey Doğu Hindistan (Sulunan)                 | CSRTI, Berhampore       | Mandalaya, Myanmar'dan introdüksiyon yöntemi ile                  |
| S-799       | Doğu ve Kuzey Doğu Hindistan (Sulunan)                 | CSRTI, Berhampore       | Serbest tozlanmış hibritlerden seleksiyon                         |
| S-1635      | Doğu ve Kuzey Doğu Hindistan (Sulunan)                 | CSRTI, Berhampore       | Triploid seleksiyon                                               |
| C776        | Tuzlu Topraklar                                        | CSRTI, Berhampore       | İngiliz Siyahı ve <i>C. multicus</i> melezi                       |
| S-146       | Kuzey Hindistan ve Jammu ve Kashmir tepeleri (Sulunan) | CSRTI, Berhampore       | Serbest tozlanmış hibritlerden seleksiyon                         |
| Tr-10       | Doğu Hindistan tepeleri                                | CSRTI, Berhampore       | S1'den Triploid seleksiyon yöntemi                                |
| BC-259      | Doğu Hindistan tepeleri                                | CSRTI, Berhampore       | Matigare yerel x Kosen melezi ile geri çaprazlama                 |
| Goshoerami  | Ilıman iklim Bölgesi                                   | CSRTI, Pampore          | Japon çeşidinden İntrodüksiyon yöntemi                            |
| Chak Majra  | Alt ılıman Bölgesi                                     | RSRS, Jammu             | Doğal seleksiyon                                                  |
| China White | Ilıman iklim Bölgesi                                   | CSRTI, Pampore          | Kolanal seleksiyon                                                |

Merkezi Seracılık Araştırma ve Eğitim Enstitüsü (CSRTI), Karnataka Eyaleti Seracılık Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü (KSSRDI), Bölgesel Seracılık Araştırma İstasyonu (RSRS), Acil tıbbi hizmetler (EMS)

**Çizelge 3.** Dut türlerinin farklı ülkelerde dağılımı (Vijayan, et al., 2011a)

| Ülkeler     | Endemik Türler | Endemik Olmayan Türler | Toplam Dut Türü |
|-------------|----------------|------------------------|-----------------|
| Çin         | 17             | 24                     | 41              |
| Japonya     | 14             | 19                     | 33              |
| Güney Kore  | 1              | 6                      | 7               |
| Hindistan   | 2              | 4                      | 6               |
| Endonezya   | 2              | 3                      | 5               |
| Tayvan      | 1              | 4                      | 5               |
| Tayland     | 2              | 2                      | 4               |
| Arjantin    | 1              | 1                      | 2               |
| Kolombiya   | 1              | 3                      | 4               |
| Meksika     | 2              | 3                      | 5               |
| Peru        | 1              | 1                      | 2               |
| ABD         | 9              | 14                     | 23              |
| Bulgaristan | 1              | 6                      | 7               |

Vijayan ve ark. (2011a), yürüttükleri bir çalışmada, Dünyada önemli dut türlerinin ülkelere göre dağılımını tespit etmişler ve Çin, Japonya, Güney Kore, Hindistan, Endonezya, Tayvan, Tayland, Arjantin, Kolombiya, Meksika, Peru, ABD, Bulgaristan 13 ülkede 54 adet endemik, 90 endemik olmayan ve toplam 144 dut türü olduğunu bildirmişlerdir (Çizelge 3.). Buna ilaveten Çizelge 4’de yine Vijayan ve ark. (2011a) *M. alba*, *M. laevigata*, *M. serrata*, *M. nigra*, *M. rubra*, dut türlerinin yaprak morfolojisinde farklı türler ve türler içerisindeki geçişler arasında geniş varyasyonları incelemişler ve tomurcuk rengi , tomurcuk boyutu (mm<sup>2</sup>), dal rengi, dallanma, yaprak lobları, yaprak rengi, yaprak yüzeyi, yaprak kenarı, yaprak uzunluğu (cm), çiçek salkım uzunluğu (cm), yaprak sapı oluşu, lentisel boyutu (mm<sup>2</sup>) gibi özellikler üzerinde değerlendirmeler yapmışlardır. Beyaz dutun yaprakları basit, alternatif, yan yaprakcıklı, saplı, bütün veya lobludur. Lob sayısı 1-5 arasında değişiklik göstermektedir. Kırmızı dutun yaprakları daha büyük, daha kalın, küt dişli ve genellikle lobludur. Üst yüzeyleri pürüzlü ve altları tüylüdür. Karadut yaprakları ise daha küçük, morfolojik olarak kırmızı dut yapraklarına benzer, ancak daha sağlam dallara ve daha yağlı tomurcuklara sahiptir.

Yaprağın şekli bitkinin yaşına, büyümesine, dallardaki pozisyonlarına, büyüme dönemine vb. göre değişebilir. *M. laevigata*, *M. serrata* ve *M. tiliaefolia* gibi yabancı dut türlerinin yaprakları ipekböceği yetiştiriciliği için kullanılamayacak kadar kaba, kösele ve kalındır (Vijayan ve ark., 2011a; Kumar ve ark., 2012; Cao ve ark., 2019).

Şekil 1’de görüldüğü gibi Dut bitkilerinde çiçek yapıları genel olarak her ne kadar tek evcikli olsa da dutlarda çiçek yapıları oldukça karmaşık yapılardadır. Bu bağlamda dut ağaçları ağırlıklı olarak iki evcikli olmakla birlikte, tek evcikli bitkiler olan türlerde vardır. Dutun bitkisinin çevresel koşullar veya budama gibi fiziksel yaralanmalar veya biyotik ve abiyotik streslere karşı cinsiyet değiştirdiği bildirilmektedir (Das ve Mukherjee 1986; Tikader ve ark., 1995). Bu nedenle dutun hem erkek hem de dişi genlere sahip olduğu, ancak bunların iklim gibi dış etkenler veya fizyolojik faktörler gibi iç uyaranlar tarafından değişiklik gösterdiği bilinmektedir (Minamizawa, 1963; Tiku ve ark., 1988).



**Şekil 1.** *Morus nigra* L’nin tomurcuk (A), Erkek ve dişi çiçek (B) ve patlamış çiçek tomurcuğu (C) (Duygu ÖZELÇİ, 2024).

Mukherjee, (1965), bazı çeşitler üzerinde, dutların iki evciklikten tek evcikliğe evrimleştiğini hatta bazı araştırmacılar tarafından hormonlar, kimyasallar ve büyüme düzenleyicileri kullanılarak cinsiyetin tersine çevrilmesinin de mümkün olabileceğini bildirmişlerdir (Jaiswal ve Kumar 1981; Ogure ve ark., 1980; Kumar ve ark., 1985; Das ve Mukherjee, 1986; Rabindran ve ark., 1987; Sikdar ve ark., 1988). Benzer şekilde, Tikader ve ark. (1995), fiziksel yaralanma nedeniyle erkek bir bitkide eşeysel durumun tersine dönüş olduğunu bildirmişlerdir. Dut bitkisinde çiçeklenme, tek eşeyli çiçekleri taşıyan sarkık veya sarkık saplı bir kedicik şeklindedir. Erkek kedicikler genellikle dişi kediciklerden daha uzundur. *M. laevigata*’nın çiçek salkımı, erkeklerde yaklaşık 5-12 cm ve dişilerde yaklaşık 5-6 cm uzunluğuyla bu nedenle *M. laevigata* çiçek salkımları bakımından dut türleri arasında en uzun olanıdır. Erkek çiçekler gevşek dizilidir ve polenleri döktükten sonra çiçek salkımı kurur ve dökülür. Bir dut çiçeğinde dört kalıcı periant lobu ve dört stamen vardır, filamentler tomurcukta kıvrık halde bulunur. Dişi çiçeklenme genellikle kısadır ve çiçekler dizilidir. Dişi çiçek salkımı genellikle kısadır ve

çiçekler arkalı önlüdür. Dört kalıcı periant lobu vardır. Yumurtalık tek hücrelidir ve stigma çift çeneklidir. Ovüller sarkıktır. Tozlaşma anemofildir (rüzgarla) (Livak ve ark., 2000; Shang ve ark., 2017; Liu ve ark., 2022).

**Çizelge 4.** Kültüre alınmış (*M. alba*) ve yabani dut (*M. laevigata*, *M. serrata*, *M. nigra* ve *M. rubra*) türlerinin morfolojik karakterleri (Vijayan, et al., 2011a)

| Morfolojik özellikler              | <i>M. alba</i>               | <i>M. laevigata</i>  | <i>M. serrata</i>       | <i>M. nigra</i>         | <i>M. rubra</i>             |
|------------------------------------|------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Tomurcuk rengi                     | Kahverengi                   | Kahverengi           | Koyu Kahverengi         | Koyu kahverengi         | Siyah                       |
| Tomurcuk boyutu (mm <sup>2</sup> ) | 16.50–39.90                  | 24.10–79.55          | 19.40–79.20             | 18.00–75.10             | 15.50–38.00                 |
| Dal rengi                          | Gri veya grimsi sarı         | Gri veya grimsi sarı | Gri renkli              | Koyu renkli             | Koyu renkli                 |
| Dallanma                           | Dik                          | Yarı dik             | Yarı dik                | Yarı dik,               | Dik                         |
| Yaprak lobları                     | Lobludan lobsuza             | Lobludan lobsuza     | Lobludan lobsuza        | Lobludan lobsuza        | Lobludan lobsuza            |
| Yaprak rengi                       | Soluk yeşil                  | Koyu yeşil           | Koyu yeşil              | Koyu yeşil              | Koyu yeşil                  |
| Yaprak yüzeyi                      | Pürüzsüz                     | Kaba                 | Kaba                    | Pürüzsüz                | Kaba                        |
| Yaprak kenarı                      | Daha büyük yuvarlak tırtıklı | Sığ loblu            | Büyük yuvarlak tırtıklı | Büyük yuvarlak tırtıklı | Daha küçük noktalı tırtıklı |
| Yaprak uz. (cm)                    | 10–15                        | 28–32                | 20–25                   | 10–15                   | 7–10                        |
| Çiçek salkım uz. (cm)              | 3–4                          | 5–12                 | 2–5                     | 3–5                     | 2–4                         |
| Meyve rengi                        | Beyaz-kırmızı                | Beyaz-kırmızı        | Kırmızı                 | Koyu siyah              | Kırmızı                     |
| Yaprak sapı oluşu                  | Var                          | Var                  | Yok                     | Var                     | Var                         |
| Lentisel boyutu (mm <sup>2</sup> ) | 41–2.00                      | 0.70–2.25            | 1.44–8.00               | 1.40–7.50               | 0.38–1.95                   |

Şekil 2.'de görüldüğü gibi meyveleri tek tek meyvelerin (Achens) bir araya gelmesinden oluşan çoklu meyve şeklindedir. Dişi çiçekler tozlaştıktan sonra, beyaz stigma kahverengimsi renge dönüşür ve sonunda kurur. Daha sonra, periantın etli tabanları şişmeye başlar ve doku ve renk olarak tamamen değişir. Olgunlaşmış meyve etli, yağlı ve meyve suyuyla doludur. Meyvenin rengi olgunlaştıktan sonra farklı renk tonlarıyla beyazdan siyaha büyük ölçüde değiştiğinden bu değişimin meyve bilimcileri tarafından dut türlerini tanımlamada güvenilir bir karakter olmadığı belirtilmiştir. Örneğin beyaz dutlar, hasat zamanına bağlı olarak beyaz, lavanta rengi ve hatta siyah meyveler üretebilir.



(I)



(II)

**Şekil 2.** *Morus alba* (I, II) (Duygu Özelci, 2024)

Şekil 2.'de görüldüğü üzere dut meyvelerinin hasadı geciktirilirse, beyaz dutun aşırı olgunlaşmış meyveleri bir miktar siyaha dönüşür. Ercisli ve Orhan (2007), renklendirici bileşiklerin *M. alba*'da dış sert çekirdek hücrelerinde yoğunlaşma eğiliminde olduğunu, *M. nigra* ve *M. rubra* meyvelerinde ise bu maddelerin tüm sert çekirdek hücrelerinde yoğunlaştığını bildirmiştir. Beyaz dut meyveleri genellikle çok tatlıdır. Kırmızı dut meyveleri de tatlıdır ve genellikle koyu kırmızı veya neredeyse siyahtır. Karadut meyveleri çekici, iri ve suludur, tatlılık ve ekşilik arasında iyi bir denge vardır ve bu da onları dutun en lezzetli meyveleri yapar (Boubaya ve ark., 2009; Ercisli ve Orhan, 2008; Ertan, 2007; Vijayan ve ark., 2011b).

Tohum açık sarı veya kahverengi renkte, oval şekilli ve mikropillar neredeyse düz bir yüzeye sahiptir. Tohum kabuğu, testa adı verilen sert ve kırılgan bir dış tabaka ve tegmen adı verilen ince kağıtsı ve hafif kahverengimsi bir iç tabaka olmak üzere iki katman oluşur. Tohum kabuğunun içinde, dışta endosperm ve içte embriyo içeren çekirdek bulunur. Embriyo bir ana eksen (plumulus ve radikula) ve iki kotiledondan oluşur. Çimlenmenin ardından plumulus sürgün sistemini, radikül ise kök sistemini oluşturur. Tohumun büyüklüğü ve ağırlığı çeşitten çeşide değişir. Genellikle tohumlar oda sıcaklığında sadece birkaç hafta canlı kalabilir, ancak kontrollü sıcaklık ve nem altında saklanırsa, canlılık 3-6 ay uzatılabilir. Çimlenme için optimum sıcaklık 28-30 °C'dir. Dut tohumları %25-35 sarı boya yağı içerir (Barnes, 2008; Biasiolo, 2004; Vijayan ve ark., 2011b).

Dut bitkisi genetik olarak ploidi (somatik hücrelerde ikiden fazla kromozom takımının bulunması) seviyesinde bulunur. Fakat *M. alba*, *M. indica* ve *M. rotundiloba* dut türleri çoğunlukla 28 kromozomlu diploid ( $2x, 2n \frac{1}{4} 28$

yapıdadırlar. *M. bombysis* türü 42 kromozomlu triploidler ( $3x, 3n \frac{1}{4} 42$ ). Bununla birlikte *M. laevigata*, *M. cathayana* ve *M. boninensis* gibi türler ise 56 kromozomlu tetraploidler ( $4x, 4n \frac{1}{4} 56$ ); *M. serrata* ve *M. tiliaefolia* hekzaploidler 84 kromozomlu hekzaploidler ( $6x, 6n \frac{1}{4} 84$ ). *M. cathayana* 112 kromozomlu oktaploidler ( $8x, 8n \frac{1}{4} 112$ ) gibi farklı kromozom yapıları dut türleri de vardır (Basavaiah ve ark., 1989; Vijayan ve ark., 2011b; İpek ve ark., 2021; Venkatesh, 2021). *M. nigra* türü fanerogamlar (*Bir bitki kladıdır. Gymnospermae şubesinde "açık tohumlu" bitkiler, Angiospermae şubesinde de "kapalı tohumlu" bitkiler toplanır.*) arasında en yüksek ploidi 308 kromozomlu dokosaploidi ( $22x, 22n \frac{1}{4} 308$ ) olduğu bildirilmiştir. *M. notabilis* dut türü ise somatik hücrelerde 14 kromozomlu bir haploid kromozomlu olduğu bildirilmiştir (Das ve ark., 1970; Tojyo 1985; Maode ve ark., 1996).

Dut genetik kaynakların korunması için bitki materyallerinin örneklenmesi genel olarak dört yabancı akrabalar, yabancı ot akrabaları, yerel çeşitler ve elit hatlar olarak 4 grupta toplamak mümkündür. Popülasyonlardan ve türlerden uygun örnekleri toplamak için, toplama kararını vermeden önce dağılım, popülasyonlar içindeki ve arasındaki genetik çeşitliliğin kapsamı, yeni ve nadir alellerin oluşumu vb. konularda kapsamlı bir araştırma yapılmalıdır. Son zamanlarda, birçok araştırmacı örneklerin toplanmasına yardımcı olmak için moleküler belirteçler aracılığıyla yabancı türlerin ve yerel çeşitlerin popülasyonlarındaki genetik çeşitliliği incelemişlerdir (Vijayan ve Chatterjee, 2003; Weiguo ve ark., 2006). Ayrıca, dut türlerinin çoğunun tohum şeklinde toplanması zordur ve bu nedenle vejetatif çoğaltma (klonal) şeklinde toplanmaları gerekmektedir. Vejetatif olarak çoğaltılmış klonlar uzun süre canlı kalamayabileceğinden, örneklerin toplanması ve taşınması sırasında azami özen gösterilmelidir. Doku kültürü, kriyoprezervasyon (dondurarak saklama) vb. gibi biyoteknolojik araçlar son zamanlarda bu sorunu büyük ölçüde bu sorunu çözmüşlerdir (Withers, 1995; Niino, 1995; Atmakuri ve ark., 2009; El-Homosany ve Farag, 2020; Choudhary ve ark., 2023).

Örnekler toplandıktan sonra, alındığı yerlerin adı, yerin çevre koşulları, coğrafi özellikleri, ırk adı, çeşit adı, tür adı ve diğer önemli morfolojik özellikler ayrıntılarla birlikte belirli erişim numaralarıyla uygun şekilde kaydedilmelidir. Daha sonra, örnekler germplazm (gen merkezi) getirilir ve ön değerlendirmelere tabi tutulur. Bu aşama, örneklerin değerlendirilmesi, etkili koruma ve kullanımları için dut genetik materyalinin potansiyelini anlamak için

gereklidir. Ön değerlendirme sonuçları ve toplanan diğer ilgili önemli bilgiler kullanılarak, bu kaynakların nihai kullanımı için gerekli olan sistematik bir dokümantasyon (pasaport verileri) hazırlanır (Murthy ve ark., 2012). Tzenov'a (2002) göre dokümantasyon, ıslahçılara ve diğer bilim insanlarına açıklayıcı bilgiler sağlayarak germplazm kullanımını mümkün kılmak için en kritik faaliyettir. Son yıllarda birçok ülke, örneğin Çin ve Hindistan'da gen Merkezlerinde dut gen kaynaklarını değerlendirmek için tür, çeşit tanımlayıcıları, veri standardı ve teknik kodlar üzerinde çalışmalarda çok önemli mesafeler almışlardır (Vijayan ve ark., 2011b; Mithilasri ve ark., 2021; Ozturk ve ark., 2023).

### 1.1. Çin'de Dut Genetik Kaynakları

Çin dünyanın en büyük ipek üreticisi olduğundan hem ipek böcekçiliği yetiştiriciliğinde hem de dut meyve üretiminde kullanılmak üzere öncelikle dut bitkisinin yabani türlerinden, yerel ırklarından ve elit genotiplerinden çok fazla genetik kaynak toplamak için kapsamlı araştırmalar yapılmaktadır. Çin bu amaçla dört farklı yöntem uygulamıştır.

- 1) Yerel çeşitlerin toplanması; yani bunların çoğu hava, toprak, zararlılara ve hastalıklara karşı yüksek direnç gibi yerel koşullara uygunluklarına önem verilerek doğal veya yapay seleksiyonlar yoluyla seçilmiş veya yetiştirilmiştir. Yerel çeşitlerin oranı Çin'deki toplam kaynakların yaklaşık %65'ini oluşturmaktadır.
- 2) Özellikle Japonya, eski SSCB, Kore, Hindistan, Tayland, Vietnam vb. ülkelerden gelen bilinen çeşitlerin toplanması.
- 3) Hat seçimi; geleneksel ıslah, mutasyon ıslahı ve biyoteknoloji yoluyla geliştirilen çeşitlerden oluşan ıslah edilmiş çeşitler. Bu çeşitler daha geniş bir kabul edilebilirliğe sahiptir ve bu nedenle şu anda Çin'deki dut genetik kaynaklarının %30'undan fazlasını oluşturmaktadır.
- 4) Yabani türler daha az ekonomik değere sahiptir ancak biyotik ve abiyotik streslere karşı dirençlilik gibi ıslah açısından çok kıymetli genlere sahiptirler.

Bu uyumlu çabalar sayesinde, şu anda Zhejiang, Jiangsu, Guangdong, Guangxi, Shandong, Sichun, Anhui, Hubei, Hunan, Hebei, Shanxi, Shuanxi, Xinjiang vb. gibi çeşitli illerde 15 türden oluşan 1.860'tan fazla çeşit, gen kaynaklarında muhafaza edilmektedir (Çizelge 5). Zhenjiang, Jiangsu

eyaletinde, Seracılık Araştırma Enstitüsü, Çin Tarım Bilimleri Akademisi (CAAS), Çin'in ulusal dut gen bankası dünyada en çok türü bulunduran gen bankasıdır. Buna ilaveten Japonya dut genetik kaynakların bakımından ve dut ıslahı konusunda önemli araştırma potansiyeline sahip ülkelerden biridir. Ayrıca Güney Kore Ulusal Seracılık ve Entomoloji Bilimi Enstitüsü (NISES) şu anda 1.375'ten fazla gen kaynakları erişimini muhafaza etmektedir (Çizelge 5; Machii, 999). Benzer şekilde, şu anda dut genetik kaynaklarının bakımı ve korunmasından sorumlu olan Japonya'daki Ulusal Agrobiyolojik Bilimler Enstitüsü'nün (NIAS) gen bankasında şu anda 1.502 genotip bulunmaktadır (Kazutoshi ve ark., 2004). Bu genotipler kampüs arazisinde ve serada korunmakta ve yararlı kullanımlar için dut çeşitlerini geliştirmek amacıyla morfolojik ve tarımsal özellikleri incelemek için kullanılmaktadır.

Bu genetik kaynaklarında farklı dut türlerine ait genotipler kökenlerine göre yabani tip, kültüre alınmış tip, ıslah edilmiş tip ve kaynağı bilinmeyen tip olmak üzere beş grupta sınıflandırılmaktadır. Ayrıca bu genetik kaynaklar çalışma koleksiyonu, temel koleksiyon ve aktif koleksiyon olarak da sınıflandırılmaktadır. Koleksiyonu sahasında incelemeler ve araştırmalar için kullanılırken, temel koleksiyonlar uzun vadeli ıslah çalışmalarında ve olumsuz koşullarda (biyotik ve abiyotik olumsuz koşullar) kullanılmak üzere saklanmaktadır. Bu gen kaynakları merkezlerinde yerli çeşitlerden oluşturulan genetik kaynaklar, temel koleksiyonlara dağıtılmaya karar verilmeden önce aktif koleksiyon olarak gruplandırılmıştır. Ayrıca bu merkezlerde şu anda 430 genotip çalışma koleksiyonuna bulunmakta ve 780 genotip aktif koleksiyon 945 genotip ise temel koleksiyon bulundurulmaktadır (Yanfeng ve ark., 2019; Vijayan ve ark., 2011).

Çizelge 5'de Japonya, Çin, Hindistan ve Kore'de bulunan ve bilinen dut gen kaynaklarının türlere göre dağılımı verilmiştir. Bu çizelgeye göre *M. bombycis* Koidz ve *M. latifolia* Poir. Ve *Morus alba* L. türleri Japonya'da en fazla üretilen türler olduğu görülmektedir. Çin'de ise *M. alba* L. *M. latifolia* Poir, türleri önde gelen türler olduğu görülmektedir.



**Çizelge 5.** Japonya, Çin, Hindistan ve Kore'de bulunan dut gen kaynaklarının türlere göre dağılımı Türler Japonya Çin Hindistan Kore (Vijayan, et al., 2011a)

| Türler                         | Japonya | Çin  | Hindistan | Kore |
|--------------------------------|---------|------|-----------|------|
| <i>M. bombycis</i> Koidz.      | 583     | 22   | 15        | 97   |
| <i>M. latifolia</i> Poir.      | 349     | 750  | 19        | 128  |
| <i>M. alba</i> L.              | 259     | 762  | 93        | 105  |
| <i>M. acidosa</i> Griff.       | 44      | -    | -         | 1    |
| <i>M. wittorium</i> Hand-Mazz. | -       | 8    | -         | -    |
| <i>M. indica</i> L.            | 30      | -    | 350       | 5    |
| <i>M. mizuho</i> Hotta         | -       | 17   | -         | -    |
| <i>M. rotundiloba</i> Koidz.   | 24 4    | 24 4 | 2         | -    |
| <i>M. kagayamae</i> Koidz.     | 23      | -    | -         | 1    |
| <i>M. australis</i> Poir.      | -       | 37   | 2         | -    |
| <i>M. notabilis</i> C.K.Schn.  | 14      | -    | -         | -    |
| <i>M. mongolica</i> Schneider  | -       | 55   | -         | -    |
| <i>M. boninensis</i> Koidz.    | 11      | -    | -         | -    |
| <i>M. nigrifomis</i> Koidz.    | 3       | -    | -         | -    |
| <i>M. atropurpurea</i> Roxb.   | 3       | 120  | -         | -    |
| <i>M. serrata</i> Roxb.        | 3       | -    | 18        | -    |
| <i>M. laevigata</i> wall.      | 3       | 19   | 32        | 1    |
| <i>M. nigra</i> L.             | -       | -    | -         | -    |
| <i>M. formosensis</i> Hotta.   | 2       | 1    | 2         | 3    |
| <i>M. rubra</i> L.             | 2       | -    | -         | -    |
| <i>M. mesozygia</i> Stapf.     | 1       | -    | 1         | -    |
| <i>M. celtifolia</i> Kunth.    | 1       | -    | -         | -    |
| <i>M. cathayana</i> Hemsl      | 1       | 65   | 1         | -    |
| <i>M. tiliaefolia</i> Makino   | 1       | -    | 1         | 14   |
| <i>M. microphylla</i> Bickl.   | 1       | -    | -         | -    |
| <i>M. macrourea</i> Miq.       | 1       | -    | -         | -    |
| <i>M. multicaulis</i> Perr     | -       | -    | 15        | -    |
| <i>Morus</i> spp. (unknown)    | 15      | -    | 106       | 259  |

## 1.2. Hindistan'da Dut Genetik Kaynakları

Hindistan'daki Dut Genetik Kaynakları *Morus* cinsinin yabani akrabaları İndus'tan Arunaçal Pradeş'e kadar tropikal ve subtropikal bölgedeki Himalaya kuşaklarından Hooker, (1885) ve Brandis (1906) *M. alba*, *M. indica*, *M. laevigata* ve *M. serrata* olmak üzere dört tür topladıklarını bildirmişlerdir. Buna ilaveten Parkinson (1923), Andaman ve Nikobar adalarında *M. laevigata*'nın yabani popülasyonlarının oldukça faz olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Kanjilal vd, (1940) Assam ve kuzeydoğu Hindistan'da *M. serrata*, *M. laevigata* ve *M. acidosa*'nın yabani popülasyonlarının olduğunu, aynı bölgede Gamble ve Fischer (1957), *M. alba* ve *M. indica* gibi iki tür daha olduğunu kaydetmişlerdir. Nair (1977), ise *M. serrata*'nın 3.300 m yüksekliğe kadar olan alt Himalaya kuşağında görüldüğünü belgelemiştir. Portekizli, İngiliz, Fransız, Hollandalı ve

Müslüman yöneticiler bu bölgedeki kolonileşme sürecinde Hint dut gen havuzuna birçok egzotik genotip sokmuşlardır (Rao, 2002). Hala Hindistan'da hem doğal hem de kültürü yapılan habitatlar altında zengin *Morus* biyoçeşitliliği bulunduğu, Hosur, Tamil Nadu'daki Merkezi İpekböcekçiliği Gen Kaynakları Araştırma Merkezi (CSGRC)'de, Hosur, Tamil Nadu'da 654'ten fazla dut gen kaynakları bulunduğu bildirilmiştir (Tikader ve Vijayan 2010). Ayrıca, Karnataka, Batı Bengal ve Jammu ve Keşmir'de bulunan farklı Merkezi Seracılık Araştırma ve Eğitim Enstitülerinde de birkaç küçük ölçekli gen koleksiyonu bulunduğu bildirilmiştir (Vijayan ve ark., 2011a).

### **1.3. Bulgaristan'da Dut Genetik Kaynakları**

Bulgaristan'da doğal olarak yetişen dutlar eski zamanlardan beri rapor edilmiştir ve şu anda *M. alba*, *M. bombycis*, *M. multicaulis*, *M. kagayamae*, *M. rubra* ve *M. nigra* ülkenin farklı bölgelerinde yetişmektedir. Vratza'daki Seracılık Deney İstasyonu (SES) hem yerli hem de egzotik dut çeşitlerini toplamakta, karakterize etmekte ve değerlendirmektedir. Şu anda SES-Vratza'daki gen merkezinde 140'tan fazla dut kaynağı muhafaza edilmektedir (Tzenov, 2002).

### **1.4. Kore'de Dut Genetik Kaynakları**

Kore'de, Seracılık ve Entomoloji Bölümünde 205 yerli, 150 egzotik ve 259 yabancı türlerden oluşan 614'ten fazla dut gen kaynağı bulunmaktadır. Bu dut kaynakları hem çeşit ıslahı açısından hem de çeşitli morfolojik ve tarımsal karakterler açısından değerlendirilmektedir. Egzotik dut gen kaynakları ise Japonya, İran, Çin, Özbekistan, Pakistan, Hindistan, Kanada, Tayvan, Amerika, Filipinler ve Lübnan gibi ılıman ve subtropikal kuşakta ipekböcekçiliği yapan pek çok ülkeden temin edilmiştir (Vijayan ve ark., 2011a; Ho ve ark., 2021).

### **1.5. Türkiye'de Dut Genetik Kaynakları**

Türkiye'de dutun bitkisinin kültüre alınması yaklaşık 400 yıl önce başlamıştır (Ercişli ve Orhan 2007). Türkiye çok farklı bölgelerinde, farklı isimlerle anılan çok sayıda kendi yerel dut genotiplerine sahiptir. Bu genotiplerin çoğu yabancı popülasyonlar olarak yetişmektedir ve bu nedenle, Türkiye'nin birçok bölgesinde bu değerli genetik kaynakların korunması için çalışmalar devam etmektedir. Adana, Tokat ve Malatya illerinde germplazm koleksiyonları oluşturulmuştur (Güneş ve Çekiç, 2004; Koyuncu, 2004). Şu

anda Malatya Kayısı Araştırma Enstitüsü, çoğunlukla Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan çok sayıda dut gen kaynaklarına sahiptir. Bugün, giriş ve doğallaştırma nedeniyle, *M. alba*, *M. nigra* ve *M. rubra* gibi üç ana dut türü de Türkiye'de görülebilmektedir (Gökmen, 1973; Yaltırık 1982; Ercisli ve Orhan 2008).

Duttaki genetik çeşitlilik, oldukça karmaşık ve çeşitlidir. Bunu nedenleri; a) dutun farklı iklim ve toprak koşullarına yüksek uyum kabiliyetinin yüksek olması, geniş bir coğrafya da yayılmasını sağlamıştır b) açık tozlaşma görülmesi doğal olarak melez bireylerin eldesini sağlamıştır c) doğal mutasyonların görülmesi, d) generatif çoğaltma e) morfolojik olarak esnek olmasıdır dut türleri içinde genotip çeşitliliğine yol açan monoik, dioik veya hermafrodit gibi çiçek formlarındaki çeşitliliktir. Dut türlerinin agronomik ve morfolojik özellikleri oldukça heterojen olduğundan kalıtımda poligeniktir, her biri iki veya daha fazla gen tarafından kontrol edilir. Bu nedenle dut genotipleri farklı çevre koşullarına ve tarımsal uygulamalara kolayca uyum sağlar. Bu etkenler *Morus* cinsinin taksonomisini daha karmaşık ve tartışmalı hale getirerek tanımlanmasını zorlaştırır (Güneş ve Çekiç, 2004; Koyuncu 2004).

Dut meyvesinin kuşlar tarafından çok sevilerek yenmesi tohumlarının uzak mesafelere ve bitkinin doğal olarak yetişmediği bölgelere taşınmasına neden olmuştur. Doğal bitkiler arasına girmedeki bu kolaylık, dutun batı Asya ve Güney Afrika'daki varlığını kuşku götürmez şekilde açıklamaktadır (De Candolle, 1967). Bu nedenle, dut türlerinin kökeni konusunda henüz tam bir fikir birliği yoktur.

Mevcut genetik çalışmaların çoğu Hintli araştırmacılar tarafından yayınlanmış olup, bunları Çinli ve Türk araştırmacılar takip etmiştir. Hindistan ve Çin'de dutlar üzerinde yapılan birçok çalışmanın nedeni, her iki ülkenin de geniş bir gen kaynağı koleksiyonuna sahip olmasıdır. Çeşitler, genotipler ve erişimler içeren en büyük dut genetik kaynağı sayısı Çin (2600) 'dedir, ardından Japonya (1375), Hindistan (1271), Güney Kore (208), Bulgaristan (140), Fransa (70), İtalya (50), ABD (23) ve diğer ülkeler (23) (Vijayan ve ark., 2018) gelir. Dut genetik kaynakları çok değerli malzemelerdir ve dünya genelindeki ülkeler önemli miktarda dut genetik kaynağı edinmiştir. Özellikle Japonya, Kore, Çin ve Hindistan'da dutların meyve olarak kullanımı yoktur. Bu ülkelerde dut, ipekböceklerini (*Bombyx mori* L.) beslemek amacıyla yaygın olarak yetiştirilir. Dut yaprakları ipekböcekleri için doğal, tek besindir. Sonuç

olarak dut yetiştiriciliği ipekböcekçiliği endüstrisinde önem kazanmıştır. Türkiye’de ise dut yetiştiriciliği meyvesi kullanmak amacıyla yapılmaktadır (Vijayan ve ark., 2011b).

Türkiye’de dut genotipleri Malatya Kayısı Araştırma Enstitüsü tarafından seçilerek toplanmakta, genetik erozyona maruz kalmadan korunmaya çalışılmaktadır. Türün biyolojik çeşitliliğinin tehlike altında olduğu göz önüne alınarak dut arazi gen bankası kurulmuştur. Bu sayede dut genetik kaynaklarının *ex situ* (gıda ve tarım için bitki genetik kaynaklarının doğal ortamlarının dışında korunması) muhafazası sağlanmaktadır. Oluşturulan arazi gen bankası ise çeşit geliştirmeye yönelik ıslah çalışmalarına materyal temin etmektedir. Dut genetik kaynakları, survey araştırmaları sırasında ve ayrıca araştırma enstitüleri ve ülkeler arasındaki materyal alışverişi yoluyla doğal yaşam alanlarından toplanmıştır ve çalışmalar günümüzde de devam etmektedir. Ülkemizin ıslah edilmiş dut çeşitlerinin ve bunların yabani akrabalarının, ekonomik önemi olan yabani bitkilerin surveyi, toplanması, araştırılması, uzun süreli saklanması, Türkiye’deki bitkisel araştırmalar için yabancı kaynaklı materyalin temini ve bunlardan üstün nitelikleri olanlarının uzun süreli saklanması bu projede hedeflenmiştir. Survey çalışmalarında yapılan gözlemlerde dutun toplumumuzda yaygın biçimde dikilip yetiştirildiği her evin bahçesinde mutlaka dut ağacının bulunduğu tespit edilmiştir. Dutun özellikle çeşme başlarına dikildiği, köylerde dutluk alanların bulunduğu ve sınır ağacı olarak tercih edildiği bilinmektedir. Her ne kadar dut, tür ve çeşitlerinin üretim miktarı ayrı ayrı istatistiklerde yer almasa da ilk sırada, beyaz dutun yer aldığı ve karadutların da önemli bir miktarda yetiştirildiği bilinmektedir. Son yıllarda antioksidan maddelerin ve fenolik bileşiklerin insan sağlığına faydaları anlaşıldıktan sonra karaduta olan ilginin arttığı gözlenmektedir (Ercişli ve Orhan 2007).

*Ex situ* koruma için bitki örnekleri toplanarak; örneğin toplandığı yerin adı, coğrafi özellikleri, koordinatları, çevre koşullarının ayrıntıları ve habitatta ifade edilen önemli morfolojik özellikler not edilmektedir. Toplanan genetik kaynaklar enstitüye getirilerek ve sistematik karakterizasyon, değerlendirme ve dokümantasyona tabi tutulmaktadır. Karakterizasyon, morfolojik, anatomik, dölleme, biyokimyasal özelliklerin yanı sıra zararlılara ve hastalıklara verilen tepkinin standart yöntemler izlenerek kaydedildiği değerlendirmenin ilk sürecidir (Tikader ve ark., 2014). *Ex situ* gen bankasındaki genetik kaynaklar,

diğer araştırmacılara genetik materyali paylaşmak için aktif bir koleksiyon ve uzun vadeli koruma için bir temel koleksiyon olmak üzere saklanmaktadır.

İpekyolu yolu ticareti veya kuşların sindirimi ile dutların kökenlerinden dünyanın farklı bölgelerine taşınması, buralarda yanıltıcı yerel isimlerin verilmesi, yanlış genetik kayıtların tutulması, farklı ekolojik koşullar altında fenotipte farklılıkların görülmesi, türler, çeşitler ve/veya genotipler arasında doğal melez bireylerin oluşması nedeniyle bazı sorunlara yol açmıştır. Bu sorunlar yıllar içinde dut türlerinin hatalı veya karışık bir şekilde sınıflandırılmasına katkıda bulunmuş olabilir. Karmaşık genetik yapı ve kafa karıştırıcı sınıflandırma, genetik çeşitlilik sürecinin uzamasına yol açmaktadır (Tikader ve ark., 2014).

Türkiye’de, 1960 yılında yapılan surveylerde yerel materyallerin hızla kaybolduğu belirlenmiş ve acilen tedbir alınması görüşü ortaya çıkmıştır. Bunun için FAO ile ortak olarak Bitki Genetik Kaynakları Projesi hazırlanmış ve Ege tarımsal Araştırmalar Enstitüsü’nde 1964 yılında uygulamaya sokulmuştur (Çetiner, 1981). Bu tarihten itibaren Ege Bölgesi ağırlıklı olmak üzere Karadeniz, İç, Güneydoğu ve Doğu Anadolu Bölgelerinde survey ve toplama programlarından pek çok materyal toplanmış ve muhafazaya alınmıştır (Gönülşen ve Ulubelde, 1988). Meyve Genetik Kaynakları çalışmaları 1978 yılında itibaren, Ülkesel Meyvecilik ile Ülkesel Bitki Genetik Kaynakları Projesi amaçları doğrultusunda yürütülmektedir (Gönülşen ve Gülcen, 1986).

Şen (1980), dut seleksiyon çalışmalarında daha somut sonuçlar alınabilmesi için “nokta seleksiyon” yöntemlerinin uygulanması gerektiğini tavsiye etmiştir. Davis (1982) ülkemizde dutun doğal yetiştiği alanlarını; Tekirdağ’da Gaziköy sırtları, İstanbul’da Mecidiyeköy’den Ortaköy’e kadar, Bursa’da İnegöl ile Bursa arası, Sakarya’da Geyve, Amasya’da Merzifon, Sivas’ta Koyulhisar ve Sugözü, Trabzon’da Akçaabat, İzmir’de Selçuk’tan Kuşadası’na kadar, Manisa’da Akhisar, Adıyaman’da Besni ve Kâhta, Hakkari’de Zapgorge ve Çukurca’dan Hakkari’ye 35-45 km uzaklıkta, 900-1000 m yüksekliğe sahip alanlar olduğunu ifade etmiştir. Ülkemizde çok eski çağlardan beri yetiştiriciliği yapılan ve çok geniş doğal florası bulunan dutta, seleksiyon çalışmalarının yapılması ve genetik kaynaklarının korunması amacıyla muhafaza altına alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Malatya Kayısı Araştırma Enstitüsü’nde 1988 yılında, verim kapasitesi yüksek ve meyve özellikleri daha iyi olan dutları bulmak amacıyla dut anket ve

seleksiyon çalışmaları başlatılmıştır. Dutta ilk seleksiyon çalışması bu yılda Elâzığ yöresinde yapılmıştır ve iki genotip belirlenmiştir. 1989 yılında Malatya, Bursa, Elazığ ve Tokat'tan, 1991 yılında gerçekleştirilen seleksiyon çalışmalarında Amasya, Kastamonu, Giresun, Mersin, Hatay'dan, 1996 yılında Erzincan'dan, 1998 ve 2006 yılları arasında Malatya, Elazığ, Erzincan, Erzurum ve Ankara'dan, 2003 ve 2005 yılları arasında yapılan seleksiyonlarda Bursa'dan genotipler seçilerek muhafazaya alınmıştır. 2006-2007 yıllarında Bursa İpekböceği Araştırma Enstitüsünden Kokusa-27, Ship Yeoung (G. Kore), Thengxiang, He Ye Bai (Çin), Kokusa-20, Gosho Eromi, Kairyone Zumi Gaeshi (Japonya), Kokusa-21, Suwean Daeyap (G. Kore), Yong chean choe (G. Kore), Kenmochi, Roso Nosang (Japonya), Sarı Aşı-4, Ichinose (Japonya) olmak üzere 14 adet dut genotipi, 2008 yılında Adıyaman ve İzmir'den, 2018-2024 yılları arasında Sivas, Kayseri, Nevşehir, Kahramanmaraş ve Tunceli'den genotipler koruma altına alınmıştır. Dut arazi gen bankasında 7 çeşit ve 120 dut genotipi koruma altındadır, bazı genotiplerin karakterizasyon çalışmalarına halen devam edilmektedir.

Milli Çeşit Listesi'nde Malatya Kayısı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü adına tescilli yedi dut çeşidi bulunmaktadır. Ulukale dutunun orijini Tunceli ili Çemişgezek ilçesidir. Ulukale dutu çekirdeksiz özellikte olup, meyvelerin daldan kopması hafif zordur. Kurutma randımanı yüksek olan bu çeşit kurutmalık ve çerezlik olarak öne çıkmaktadır. Sarı aşı dut çeşidinin, meyvesi yoktur. İpekböcekçiliğinde yaprakları besin olarak kullanılabilir. KAEM Beyazı çeşidi, Erzincan ili Kemaliye ilçesinde selekte edilmiştir. Meyveleri çekirdeksiz ve silindirik yapıda olup meyve sapı uzundur. Bu dut çeşidi taze olarak tüketilebileceği gibi şıralık ve kurutmalık olarak da tüketilebilir. Ichinose dut çeşidi, erkenci olup meyveleri siyah renklidir. Besleyici yaprak özelliğinden dolayı ipekböcekçiliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ekşikara karadut çeşidi çekirdek sayısı az olup, meyvelerin daldan kopması zordur. Şıra randımanı yüksek olup sofralık ve sanayiye uygun bir çeşit olarak öne çıkmaktadır. Baldut dut, Malatya ili Arapgir ilçesinde yapılan seleksiyon çalışmaları sonucu bulunmuştur. Şıra randımanı çok yüksek değildir. Bu çeşitten üretilen pekmez ve diğer ürünlerdeki tat ve aroma çok yüksektir. Ayaş dutunun orijini Ankara ili Ayaş ilçesidir. Ayaş dutu orta çekirdekli özellikte olup, meyvelerin daldan kopması kolaydır Şıra randımanı orta olup sofralık bir çeşit olarak öne çıkmaktadır (Guresci, 2021)

Türkiye’de dut üretimi daha çok Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerindedir. Doğu Anadolu Bölgesi’nde dut yetiştiriciliği az miktarda sofralık olarak değerlendirilmektedir. Önemli ölçüde kurutulmakta ve pekmez yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca mor dutlar meyve suyu ve dondurma yapımında kullanılmak üzere pastanelere ve dondurmacılara satılmaktadır. Bölgede dut yetiştiriciliğinin ekonomik olarak gelir elde etmektedir. Geçimini dut üretiminden sağlayan çiftçiler bulunmaktadır. Özellikle Erzincan Kemaliye, Tunceli Çemişgezek, Malatya Arapgir ve Gökçe köyü, Erzurum İspir Pazaryolu, Uzundere, Tortum, Oltu, gibi ilçelerde, Elazığ’da dut yetiştiriciliği oldukça yaygındır. Elazığ’da dut yetiştiriciliği diğer illere göre daha az ekonomik öneme sahiptir. Burada genellikle dut pekmez olarak işlenmektedir. Düşük miktarda kuru dut üretimi yapılmaktadır. Elazığ’da eskiden ipek böcekçiliği yapıldığından çok yaşlı dut ağaçları ve bazı yerlerde kapama dut bahçeleri bulunmaktadır. Ancak ipek böcekçiliği önemini kaybettikten sonra bu bahçelerde bakımsız kalmıştır. Ayrıca ilde büyük ölçüde göç olduğundan köylerdeki dut ağaçları kendi haline terk edilmiştir. Gümüşhane, Adıyaman, Erzincan gibi birçok ilimizde lök, dut kurusu, dut pekmezi, dut pestili gibi piyasa ya arz edilen ürün çeşitleri de yaygın olarak yapılagelmektedir. Bursa, Balıkesir, Denizli ve Hatay gibi illerimizde yapraklarından ipek böcekçiliğinde faydalanılmaktadır. Adıyaman Dut ilçesinin dutları, Ankara Ayaş dutu, Erzincan’ın Eğin çekirdeksiz dutu, Şebinkarahisar dutu, Erzurum Tortum dutu ve Tunceli’nin çekirdeksiz dutları başta olmak üzere ülkemizdeki birçok dut iyi tanıtılması ve sertifikalı üretilmesi durumunda hem fidan olarak hem meyve olarak büyük bir pazar potansiyeline sahip olacaktır. Karadut üretimini, küçük ölçekli de olsa, ticari olarak yapan tüm bölgelerde (Bitlis-Ahlat ve Adilcevaz, Adıyaman-Besni, Maraş-Ilıca, Niğde-Çiftehan, İzmir-Cambazlı), anaç üzerinde yetiştiricilik yapılmaktadır. Adıyaman Tut Dutu, Ayaş Dutu, Kemaliye Dutu, Pütürge Dutu, Çemişgezek Ulukale Dutu ve Şebinkarahisar Karadutu Türk Patent ve Marka Kurumu’ndan coğrafi işaret almıştır (Guresci, 2021).

Ülkemizde akademik anlamda gerçekleştirilen ilk dut seleksiyon çalışmasını yapan Lale (1992), dut türleri arasında belirgin morfolojik ve kimyasal farklılıklar ortaya koymuştur. Çalışmada, dut türleri arasında ağaç boyutları, taç yapıları ve yaprak özellikleri açısından önemli farklar olduğu saptanmıştır. En büyük ağaçların mor dutta meydana geldiği, karadutun ise toplu ve muntazam bir taç yapısına sahip olduğu belirtilmiştir. Öte yandan, mor

dutun dağınık ve seyrek taç yapısına sahip olduğu, beyaz dutların ise çalimsı, dağınık ve gayri muntazam bir yapıda olduğu ifade edilmiştir. Yaprak yapıları açısından, karadutun kalın, pürüzlü ve kaba yapraklara sahip olduğu, beyaz ve mor dutlarda ise yaprakların ince, parlak ve yumuşak olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, tüm türlerde dal, yaprak ve meyve renkleri arasındaki farklılıkların türlerin ayırt edilmesinde önemli rol oynadığını bildirmiştir.

Erzincan Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü 1994 yılında Doğu Anadolu Bölgesi Meyve Bağ Genetik Kaynaklarının Toplanması, Muhafazası ve Karakterizasyonu projesi kapsamında, 45 dut genotipi koruma altına alınmıştır. Bu genotipler *M. rubra* ve *M. alba* türlerine aittir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Meyve Genetik kaynakları Araştırma Projesi ile 2021 yılında Diyarbakır’da dut seleksiyonu başlamıştır ve bu projede koruma altına alınacak genotipler için muhafaza parsellerinin oluşturulması planlanmaktadır. Birçok araştırma enstitüsünde dut seleksiyonu projesi yürütölmektedir. Özgen ve ark. (2008), yürüttükleri bir çalışmada karadut ve kırmızı dut seleksiyonu projesi sonucunda ümitvar bulunan genotipler Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi ve Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi’nde oluşturulan parsellerde korunmaktadır.

Dutta biyolojik çeşitliliğı tanımlamak için birçok yaklaşım bildirilmiştir. İlk olarak dut türlerindeki morfolojik farklılıklar genetik çeşitliliğın tanımlanması için yaygın olarak kullanılmıştır. Dutların biyokimyasal, morfolojik ve pomolojik özelliklerinin yanı sıra stres fizyolojisi birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Lale, 1992; Aslan, 1998; Çam, 2000, Güneş ve Çekiç, 2004; İslam ve ark., 2003; Erdoğan, 2003; Türemiş ve ark., 2004; Uzun ve Bayır, 2009; Yılmaz ve ark., 2012; Çöçen, 2017; Türemiş ve ark., 2017; Balık ve ark., 2019; Karaat, 2020; Özelçi ve ark., 2022; Özcengiz, 2024).

Karaat, (2019), Türkiye’de dut (*Morus spp.*) seleksiyonu üzerine yaptığı çalışmada belirttiğı üzere, dut meyveleri, zengin besin değeri ve kendine özgü aroması ile tercih edilen bir üzömsü meyve türüdür. Son yıllarda dutta organik gıda, fenolik bileşikler ve biyokimyasal özelliklerin belirlenmesine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Dutun sağlık açısından önemli olan fenolik bileşiklerce zengin olması dut meyvesine olan ilgiyi artırmıştır. Farklı dut türleri ve bu türler içerisindeki çeşit ve genotipler arasında fitokimyasal özellikler bakımından oldukça yüksek bir varyasyon olduğunu, fitokimyasal



özelliklerin, ıslah programlarında amaca uygun yeni çeşit geliştirilirken, ebeveyn seçimi ve melezlenme yolu ile elde edilebileceğini belirtmiştir.

Karadut, siyah renk ve çeşitli karakteriyle beyaz duttan ayrılır. Karadutun yöresel isimlerinde de çeşitlilik gözlenir. Örneğin karadut; Tokat-Erbaa taraflarında “Ekşiare”, Kahramanmaraş civarında “Urmu dutu”, Malatya ve çevresinde “Horum dutu”, Manisa dolaylarında “Şurupluk dut”, Kayseri civarında “Ekşi kara” ve Hatay-Antakya civarında “Tuti” olarak adlandırılır. Meyveleri çok sevilir, sultanların meyvesi olarak bilinir. Bu türün meyvesini yiyenler başka hiçbir türde bu tadı bulamadıklarını söylerler. Karadut, ağaçları çok uzun ömürlüdür. Son yıllarda yapılan çalışmalar karadutun insan yaşam ve kalitesine katkısının yüksek olduğunu göstermektedir. Karadut, Tarım ve Orman Bakanlığının yetiştirilmesine destek verdiği Tıbbi Aromatik türler listesinde bulunmaktadır.

Gürcan (2021), yaptığı surveylerde karadutun beyaz duttan farklılık gösterdiğini tespit etmiştir. Karadutun çok uzun ömürlü olduğu ve kendi kökünün üzerinde yetiştiğini; karadut ağaçlarının yaşlandığında yan yatma, gövdenin yarılarak birkaç parça halinde yan yatması ya da dalların yan yattığını bildirmektedir. Bu nedenle yüzlerce yıl yaşında olan bazı ağaçların birçok dalı mı mevcut yoksa birden fazla ağaç bir ocağa mı dikildiği konusu net olmadığını ifade etmektedir.

Son zamanlarda, bitki biyoteknolojisindeki gelişmeler ile moleküler markörler kullanılarak karakterizasyon yapılması, dut türleri arasındaki genetik çeşitlilik ve filogenetik ilişkilerin anlaşılmasına önemli ölçüde katkı sağlamıştır.

Karadutun türünün Anadolu’daki genetik çeşitlilik durumu araştırmacılar arasında fikir ayrılıklarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Karadutta yapılan pomolojik, fenolojik ve biyokimyasal çalışmalar karadutta varyasyon olduğunu bildirmektedir (Aras, 2019; Özgen ve ark., 2008; Koyuncu ve ark., 2004; Güneş ve Çekiç, 2004). Ancak moleküler yaklaşımlar ile yapılan karakterizasyon çalışmalarında araştırmacılar arasında farklılıklar ortaya konmuştur. Kılınçer (2023), çoğunluğu tarihi ağaçlardan oluşan 344 karadut ve 18 adet diğer dut türlerine ait genotipi SSR (Basit Dizi Tekrarları) primeri kullanılarak genetik karakterizasyonu yapmıştır. Karadut genotiplerinin birbirleri ile aynı bulunduğu, diğer *Morus* örneklerinin grup içi genetik varyasyon gösterdiği bildirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, karadutun

kültüre alınmış odunsu meyve türleri arasında özgün bir popülasyon genetiği sergilediği, diğer meyve türlerinin aksine genetik çeşitlilik taşımadığı ve Türkiye ve Anadolu'nun karadutun anavatanı olamayacağını ifade edilmektedir. Kafkas ve ark. (2008), Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan *M. alba*, *M. nigra* ve *M. rubra*'ya ait 43 genotipi, floresan işaretli 8 AFLP markörü ile analiz etmişlerdir, düşük düzeyde morfolojik varyasyona sahip *M. nigra* örneklerinin moleküler olarak benzer olduğunu rapor etmişlerdir. Bayazıt (2011), benzer şekilde karadutta polimorfizmi düşük bulmuştur. Orhan ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada farklı bölgelerden *M. nigra*, *M. rubra* ve *M. alba* genotiplerine ait 73 genotipi 16 basit dizi tekrarı (SSR) markörleri kullanarak moleküler karakterizasyonunu yapmışlardır. *M. nigra* genotiplerinin ve diğer türlerden net bir şekilde ayrılarak iki alt gruba ayrıldığı, yakın genetik ilişkiler ve daha düşük genetik çeşitlilik gösterdiği, ayrıca bu genotiplerin gelecekte ıslah çalışmalarında kullanılabilecek makul bir değişkenliklerinin olduğunu bildirmektedirler.

Doku kültürü ile çoğaltılan karadut bitkileri ile ana ebeveyn bitki morfolojik, fenolojik ve pomolojik özellikleri yönüyle karşılaştırılmıştır ve aralarında bitkisel özellikler ile pomolojik özelliklerin çok yakın değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Sütyemez, 2021).

Her ne kadar Türkiye'de yaygın dut türlerinin *M. alba*, *M. nigra* ve *M. rubra* türlerinin olduğu söylene de zamanlarda *M. laevigata* dut türünün de yetiştiriciliğinin yaygınlaştığı bilinmektedir (Şekil 4). Özellikle Antalya, Anamur ve Mersin'de sera ve yüksek tünellerde Nisan, Mayıs aylarında ürün verme özelliği olan getirisi yüksek bir meyve türü olarak görünmektedir. Yine güney bölgelerimizde açık arazide Mayıs ve Haziran aylarında hasat imkânı ile cazip erkenci bir meyve türü olarak görünmektedir. Parmak dut; albenisi yüksek, uzun, iri, kırmızı-siyah meyveleri tüketici tarafından beğenilerek tüketilen, özellikle son yıllarda üretimi yayılan, değişik bölgelerimizde yetiştirilmeye başlayan bir dut türü olarak karsımıza çıkmaktadır. Renkleri alıcı, meyveleri iri olmasına rağmen aromaları düşüktür. İthal fidanların (yerelde de üretilmeye başlanılmıştır) çok miktarda ve ucuz satılması bu yabancı dutun Türkiye'de kış donlarının ve ilkbahar geç donlarının güçlü olmadığı bölgelerde rağbet görmesine neden olmuştur (Polat, 2013; Oğuz ve ark., 2023).



Şekil 4. *Morus laevigata* Anamur/Mersin (Oğuz, 2023)

Dut bahardan yazı geçişin müjdecisidir. Atasözlerimize ve kültürel hayatımıza da damgasını vurmuş olan bu değerli ağaç türümüzün sesini dünyaya duyurmalıyız. Dut hayatımızda önemli yer edinmiş şiirlere, manilere konu olmuş olup adına festivaller düzenlenmektedir. Isparta Sütçüler Bölgesi'nde yoğun olarak dut yetiştiriciliği yapılmaktadır ve burada dut pekmezi festivali yapılmaktadır. İri, dolgun ve uzun meyveler ile pazarları süsleyen Ankara Ayaş dutu için Geleneksel Dut Festivali düzenlenmektedir. Karadut ağaçları kültürel zenginliğimizin bir göstergesi olmuştur. Karadut Anadolu'nun birçok yerinde kutsal görülmekte, türbelere dikilmektedir. Diğer dutlara nazaran karadut ağaçlarının sayısı azdır. Osmanlı bahçelerindeki kayısılar, elmalar, erikler kurumuş kaybolmuş ama geriye karadut ağaçları kalmıştır. Kimi ağaçların tarihi Romalıları kadar uzanmaktadır. 850-1000 yaş civarında ağaçlar mevcuttur. Evliya türbelerinde 800-1000 yaşında karadut ağaçları bulunmaktadır (Gürcan, 2021).

## 2. DUT ISLAHINDA GÜNCEL ISLAH HEDEFLERİ

Dut meyvecilikte geri plana atılmış bir meyve türüdür. Son yıllarda, dutta çeşitleri geliştirme çalışmaları ve bu meyvenin tıbbi ve ekonomik potansiyelinin keşfi hem araştırmacılar hem de üreticiler arasında büyük bir ilgi uyandırmıştır. Ancak, dutta fidan üretimi yabani genotiplerden yapıldığı için tam olarak kültüre alınmış bir meyve türü değildir.

İnsanlar çok eski zamanlardan beri etraflarındaki bitkileri sınıflandırmakta, elverişli olanları seçerek onları kültüre almaktadır. Genetik kaynak olarak çok önemli olan yerel çeşitler, eşsiz ıslah materyalleridir. Seleksiyon çalışmaları ile istenilen karakterleri geliştirebileceğimiz genotipleri belirleyerek genetik kaynakları korumalı ve sürdürülebilir kullanımı teşvik edilmelidir. Biyoteknolojik ve klasik yöntemler kullanılarak bir tek karakterin planlı ıslahı zaman almakta ve maliyetli olmaktadır. Bu nedenle mevcut genetik potansiyelden yararlanmak çok önemlidir. Ülkemizde dutla ilgili çalışmalar diğer meyve türlerinin gerisinde kalmıştır. Dünyada yapılan araştırmaların geneli ise ipekböcekçiliği dolayısıyla, yaprak özelliklerine yoğunlaşmıştır.

Dutlarda ıslah amacına yönelik ağırlıklı olarak yaprak üretimi, yaprakların protein besin değerleri, hastalık zararlılara direnci ve budamaya çok iyi cevap verecek olan tiplerin seçimi ön planda tutulmaktadır.

Bitkinin ekolojik koşullara toleranslı özelliği nedeniyle morfolojik yapısı esnekler. Doğu Anadolu’da, Karadeniz kıyılarında, Akdeniz’de dutu görmek mümkündür. Diğer bir deyişle hem karasal iklimde hem ılıman kuşakta dut yetiştirilebilir. Bu, dutun çok önemli bir özelliğidir. Dut gerek iç gerekse dış pazarda tüketimi önemli bir potansiyele sahiptir. Gıda ve gıda maksatlı olmayan tüketim imkânlarına sahip olması, değeri düşük arazilerin kullanımına imkân sağlaması, dekoratif değeri, girdi-çıktı oranının az olması, çiftçilerin ürünün sürdürülebilirliği konusunda şüphe duymaması ve tıbbi öneminin artmasıyla dut ürünlerine olan ilginin artması dut yetiştiriciliğinin yüksek potansiyelini özetlemektedir. Talebin karşılanması için, genetik kaynaklar azami ölçüde kullanılmalı ve bunun için genotiplerin karakterizasyonları yapılmalıdır. Karakterizasyon çalışmalarında hem klasik hem de modern tekniklerin birleştirilmesinin zamanı gelmiştir.

Islah çalışmalarının temel amacı, daha yüksek verim, kaliteli ürün ve kuraklık, hastalıklar ve zararlılara karşı tolerans gösteren yeni bir çeşidin geliştirilmesidir. Ön ıslah, herhangi bir ıslah programının başlangıç aşamasıdır ve bu aşama, genetik materyalin (germplazm) kullanımı ile gerçekleştirilir. Hem ön ıslah hem de geleneksel ıslah süreçlerinde F1 hibrit üretimi seviyesine kadar olan prosedür aynıdır, ancak ön ıslah germplazm geliştirilmesi ile ilgilenirken, geleneksel ıslah geliştirilmiş germplazmı kullanarak kültür geliştirilmesi ile ilgilenir (Dani Zamir, 2001). Dut bitkisinde intra ve inter-spesifik melezleme (geçirgenlik) çalışmaları birçok yazar tarafından yapılmış

ve F1 hibritlerinin elde edilme olanakları kanıtlanmıştır (Rao ve ark., 2013; Govinda Raju ve Basavaiah, 2011).

Tikader ve ark. (2003), yürüttükleri bir çalışmada Hindistan'ın farklı bölgelerindeki sorunları çözmek için dut ıslah çalışmasında ihtiyaç duyulan dut çeşitlerinde aranan özellikleri Çizelge 6'da belirtmişlerdir.

Buna ilaveten dut ıslahında genetik çeşitliliği artırmak için, ıslah çalışmalarında kullanılmayan, doğal çevreye ve ekosisteme uyum sağlamada sorun yaşayan ve egzotik, yabancı türlerin de faydalı özelliklerinin ıslahçılar tarafından tanıtılması gereklidir. Bilindiği üzere dut ıslah çalışmalarında; temel amaç, ebeveyn olarak kullanılacak dut genetik kaynaklarının (germplazm) belirlenmesi oldukça önemli bir önceliktir. Bu süreçte, örneklerin kökenlerinin, kimlik verileri, bir dizi saha ve laboratuvar testleri yapılarak değerlendirilmesi, ilerde yapılacak ıslah yöntemlerinde güvenilir bilgiler sunulması ve ıslah çalışmalarının daha etkin ve kesin sonuca gidilmesinde bu işlemler oldukça önemli aşamalardan biridir. Islah çalışmasında ıslah materyalleri, yüksek verimli, birbirleri ile uyum sağlayan çeşitler veya ebeveynlerden biri seçilmelidir. Gen havuzundan ıslah için seçilecek diğer ebeveynler ise ıslah programının hedeflerine göre belirlenmelidir. Ön ıslah programları, ürün türüne ve sorunlara bağlı olarak çeşitli şekillerde uygulanabilir ve yabancı akrabalardan yeni karakterlerin tanıtılması veya arzu edilen geliştirilmiş saf hatların elde edilebileceği özel seçimler için tercih edilebilmektedir (Rao ve ark., 2013). Islahçılar ön ıslah programına başlamadan önce dut çeşit ıslahında ulusal, bölgesel ve yerel sorunların ve beklentilerin tespit edilmesi ve bu sorunların veya beklentilerin giderilmesine yönelik bir ıslah stratejisi belirlemeli zorunludur. Örneğin 1990 yılında Hindistan'da, Merkezi Dut Genetik Kaynakları Merkezi (CSGRC) kurulmuştur. Bu gen kaynakları merkezinde 1254 dut genotipi (984 yerli ve 270 egzotik) ıslah çalışmaları için muhafaza edilmektedir. Bu genotipler yabancı türler, egzotik (uyum sağlamamış) yerel varyeteler, modern elit çeşitler, poliploid mutantlar, serbest tozlaşmış hibritler ve melez tozlaşmış hibritlerden oluşmaktadır. Bu merkezde muhafaza edilen her bir genotipin performansı, morfolojisi, tarımsal, biyokimyasal, anatomik, fizyolojik gibi birçok karakteristik özellikleri izlenmekte ve kaydedilmektedir. Bu genotiplerle ilgili bütün bilgi ve bulgular Dut Genetik Kaynakları Bilgi Sistemine (MGIS) kaydedilmektedir. İşte bu bilgiler ön ıslah çalışmalarında en önemli aşamalardan biridir (Tiakder ve Rao, 2002; Vijayan ve ark., 2018).

**Çizelge 6.** Farklı bölgelerdeki sorunları aşmak için gerekli dut ıslah kriterleri (Tikader ve ark., 2003)

| Alan / Bölge                                    | Kısıtlar / Problemler                                         | Gerekli Çözüm / Alınacak Önlem                                                   |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Kuzeydoğu Bölgesinin Dağlık Alanları/Düzlükleri | Asidik toprak, Hastalık görülme sıklığı, Çimlenme alışkanlığı | Hastalıklara toleranslı çeşitler, Hastalıklara dayanıklı, Erken çimlenme         |
| Doğu Bölgesi                                    | Kışın düşük verim, Hastalık ve zararlılar, Toprak verimliliği | Kışın verim stabilitesi, Hastalıklara toleranslı, Uygun genotip                  |
| Orta Plato/Sahil                                | Su stresi, Düşük verim, Kıyı bölgelerde toprak tuzluluğu      | Su stresine toleranslı, Yüksek verim, Tuzluluğa toleranslı                       |
| Ilıman Bölge/ Kuzey Yüksek Bölgeleri            | Düşük köklenme, Soğuk                                         | Yüksek köklenme kapasitesi, Soğuk ve dona toleranslı                             |
| Güney Bölgesi (Sulama Yapılan)                  | Düşük verim, Hastalık görülme sıklığı, Kök hastalıkları       | Yüksek verim, Hastalıklara toleranslı, Kök çürüklüğüne ve kök nodülüne dayanıklı |
| Güney Bölgesi (Yarı Kurak)                      | Su stresi, Düşük verim, Hastalık görülme sıklığı              | Su stresine toleranslı, Yüksek verim, Hastalıklara dayanıklı                     |
| Güney Bölgesi (Yağışlı)                         | Alkali toprak, Hastalık görülme sıklığı, Düşük verim          | Alkaliye toleranslı, Hastalıklara dirençli, Yüksek ila orta verim                |
| Kıyı Bölgesi                                    | Tuzluluk                                                      | Tuzluluğa toleranslı                                                             |

Genel olarak Hindistan’da dut ıslahında ön ıslah stratejileri şu başlıklar altında özetlenebilir (Tikader et al., 2003):

1. Ön ıslah programı için kullanılacak malzeme kombinasyonları
2. Uyum sağlamamış ıslah materyali: Temel ve Seçkin ıslah materyali
3. Yaban ve egzotik genetik materyal: Temel ve Seçkin ıslah materyali
4. Yaban ve egzotik genetik materyal: Yerel uyumlu ıslah materyali
5. Yaban türleri x Yerel uyumlu materyal
6. Egzotik x Yerli seçkin ıslah materyali
7. Yaban yerli x Yaban egzotik genetik materyal

Yukarıda belirtilen karma kombinasyonlarda, bir tarafta veya bir grupta yabani, uyum sağlamamış, yerel çeşitler ve egzotik çeşitler, diğer tarafta ise iyileştirilmiş, seçkin veya uyumlu yerel çeşitlerin bulunduğunu açıkça görülmektedir. Ekolojiye uyum sağlamış ve egzotik materyaller arasındaki çaprazlamalar, farklı oranda intrograsyon elde edilen kültüre alınarak değerlendirilmiştir. Ayrıca egzotik materyallerle umut verici sonuçlar elde etmek için birkaç nesil geri çaprazlama ve seleksiyon gerekmektedir. Bu

şekilde ıslah edilen materyaller (F1 popülasyonu), belirlenen hedef ve amaçlara dayalı olarak çeşitli ıslah yöntemleri ve seçim prosedürleri kullanılarak uygulanmaktadır. Dut ıslahında dutların yüksek heterozigot durumu nedeniyle, beklenen sonuçlar F1'lerde elde edilemeyebilir. Fakat F1'ler ara materyaller olduğundan arzu edilen sonucu elde etmek için popüler veya seçkin hatlarla daha fazla çaprazlamada işe yaramaktadır. Bu nedenle ıslahçıların geniş adaptasyon yeteneği olan ve arzu edilen özelliklere sahip gen havuzlarına sahip olmaları, ıslah hedeflerine ulaşmalarında önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Dut ıslahında bütün meyvelerde olduğu gibi bulunduğu ülkenin agronomik iklim koşulları, sulama, kuraklık ve tuzluluk ve durumları, pazar istekleri ve ürünün endüstriyel kullanımı gibi hususlar ıslah hedefinin önemli parametreleridir. Böylece Hindistan'da ıslah edilen yeni çeşit veya genotipler yukarıda belirtilen gen havuzlarında bulunan yabani ve egzotik gen kaynaklarından yararlanılarak geliştirilmiş çeşitlerdir (Shabnam ve ark., 2018; Nagoo ve ark., 2019).

Dut ıslahında özellikle yabani türlerden kültüre alınmış türlere gen aktarımı söz konusu olduğunda, mutlaka aşağıda sıralan sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlar şunlardır:

- 1) Yabani ve kültür bitkileri arasında uyumsuzluk
- 2) F1 hibrit kısırılığı
- 3) Bağlantı sürüklenmesi
- 4) Ayrışan neslin kısırılığı
- 5) Belirli özellikler için uygun donörlerin bulunmaması
- 6) Türler arası hibrit popülasyonların küçük boyutu
- 7) İki türün kromozomları arasında azalmış rekombinasyon sorunları

Bu zorluklara rağmen, yabani türlerin arzu edilen özelliklerin veya genlerin kültür çeşitlerine aktarılmakta ve F1 nesillerinde istenen özelliklere sahip ara popülasyonlar belirlenerek gelecekteki ıslah programlarında kullanılmaktadır. Ön ıslah çalışmalarının her aşamasında, bu sorunlar başlangıçta tespit edilip çözülebilmektedir. Moleküler araçlar, genetik kaynakların karakterizasyonu, ebeveyn seçimleri ve istenilen özelliklere sahip genetik kaynağın değerlendirilmesinde kullanılabilir. Bu yaklaşımın, özellikle hastalık direnci geliştirilmiş yeni çeşitlerin elde edilmesi açısından bazı bitki türlerinin geliştirilmesi üzerinde önemli katkı sağlayabileceği bildirilmektedir (Rao ve ark., 2013).

Hindistan'da dut ıslahında temel hedef; birim alanda yüksek yaprak verimi, başarılı ipekböceği yetiştiriciliği için iyi yaprak kalitesi, alkali topraklara, kuraklık, hastalıklar ve zararlılara, erken sürgün verme ve yaprakların geç sertleşmesi gibi özelliklerin yanı sıra yerel olumsuz koşullara karşı direnç, geniş iklim ve toprak özelliklerine uyum sağlama ve iyi köklenme yeteneği gibi özellikler üzerinde durulmaktadır (Manjunath ve ark., 2023).

Biyolojik çeşitliliğin kaybı, insan faaliyetlerinin doğayı tahrip etmesiyle de hızla artmaktadır. Dut gibi önemli bitki türlerinin genetik çeşitliliği, ekosistemlerin sağlığı ve tarımsal üretkenlik açısından kritik bir öneme sahiptir. *In situ* (Bir türün ve onun genlerinin, o türün yaşadığı doğal yaşama ortamlarında koruma altına alınması) koruma yöntemleri, bu türlerin doğal yaşam alanlarında korunmasını ve genetik materyallerinin sürekliliğini sağlamayı amaçlar. Ayrıca, tarım genişlemesi, ormansızlaşma ve kirlilik gibi insan aktiviteleri, doğayı tahrip ederek biyolojik çeşitliliği tehdit etmekte ve türlerin yaşam alanlarını kaybetmelerine yol açmaktadır. Bu nedenle, *in situ* koruma stratejileri, sadece mevcut türlerin korunmasını değil, aynı zamanda bu türlerin gelecekteki iklim koşullarına ve insan etkilerine uyum sağlama yeteneklerini desteklemeyi de hedeflemelidir. Böylece hem ekosistemlerin dengesini korumak hem de dut gibi ekonomik değeri yüksek bitkilerin sürdürülebilirliğini sağlamak mümkün olur. Bu bütüncül yaklaşım, dut biyolojik çeşitliliğinin korunması, ekosistemlerin devamlılığı ve tarımsal üretkenlik üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirilmesine katkıda bulunur. Ülkemizde de dut türlerinin genetik potansiyeli yeterince değerlendirilememektedir. Meyve kalitesi bakımından oldukça üstün özelliklere sahip olan birçok genotip, kerestesinden yararlanılmak amacıyla veya şehirleşme nedeniyle kaybolmaktadır. Dut meyvesi birçok ülkede hala yeterince bilinmemektedir. Dut meyvesinin tüketim alanlarının dünyaya tanıtılması ve modern muhafaza yöntemlerinin uygulanarak bu değerli meyvenin ekonomik potansiyelini ortaya çıkarılmalıdır (Vijayan ve ark., 2023). Karadut, tıbbi aromatik meyve türlerinden biridir. Yüksek oranda antioksidan ve antosiyanin içermesi, tüketici tarafından çok sevilen aroması vardır. Ancak bu türde yapılan ıslah çalışmaları birçok alanda destek görmemektedir. Karadut sahipsiz kalmaktadır. Bu dut türünün isimlendirilmesi ve doğadaki varyasyonu ile ilgili karışıklık bulunmaktadır. Karadutun anavatanı olmasından dolayı Anadolu'yu ve İran'ı kapsayacak şekilde seleksiyon çalışmaları ile doğadaki



çeşitliliği ortaya çıkarılmalı ve çok yönlü ıslah programları hazırlanmalıdır (Khadivi ve ark., 2024).

Dut çeşitlerinde seleksiyon ve karakterizasyon çalışmalarına devam edilmelidir. Öne çıkan genotipler koruma altına alınmalı, tescil ve çoğaltım çalışmaları yapılmalıdır. Dünyada dutun meyvesini tanımayan ülkeler bulunmaktadır. Dut meyvesi çok yumuşak olduğundan soğukta saklanma süresi çok kısa olup bu yüzden taze tüketilmelidir. Ancak karadutlar soğuk hava depolarında bir ay süreyle veya derin dondurucularda uzun süre saklanabilmektedir. Pazar değeri yüksek olan dut çeşitlerinin çoğaltılması, esmerleşme gibi sorunları çözecek ıslah yöntemlerini uygulama veya uzun mesafelere taşınımını sağlayacak muhafaza yöntemleri geliştirilmelidir.

İpekböceğinin tek besin kaynağı dut yaprağıdır ve bir kutu ipekböceği için yaklaşık 500 kg dut yaprağı gerekmektedir. İpekböceği yetiştiriciliğinde kullanılacak uygun dut çeşitlerinin artırılması amacıyla yapılan ıslah çalışmaları, bu süreçte kritik bir rol oynamaktadır. İpekböcekçiliğinin yaygın olduğu Bursa, Hatay, Diyarbakır gibi illerde ipekböcekçiliğine uygun fidanlar dağıtılmalıdır. İlgili meslek örgütleri ile iş birliği yapılarak ipekböcekçiliğinin yaygınlaştırılması sağlanabilir (Demirel ve Yıldız, 2021).

Dutun, hızla değişen küresel iklimde kuraklık koşullarının hâkim olacağı öngörüldüğünde en uygun potansiyel biyoenerji ağacı olacağı rapor edilmiştir (Sekhar ve ark., 2017). Özelçi ve ark. (2022) Eksikara çeşidinde (*M. nigra* L.) ve Reddy ve ark. (2000), üç *M. alba* L. genotipinde, kuraklık stresi koşullarında dut türlerinin oksidatif hasara karşı etkili bir antioksidan sistemine sahip olduğunu bildirmektedirler. Dut ağaçlarının biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklı olması yetiştiriciliğini Durgadevi ve Vijayalakshmi (2020), tarafından yapılan bir çalışmada, dutun kuraklığa dayanıklı genotipleri, şiddetli su stresi altında daha yüksek fotosentetik hız ve transpirasyon hızını koruyarak su kullanım verimliliğini en üst düzeye çıkaran maksimum artışı kaydetmiştir. Dut ağacı, kuraklığa karşı direnci, olumlu çevresel etkisi nedeniyle, bitkiler üzerindeki iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı bir tampon görevi görmesi açısından öncelikli bir bitkidir (Mutebi, 2022).

Dutun, kuraklık, sıcaklık, nispeten soğuk hava koşulları ve çeşitli hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı, uzun yıllar ekonomik anlamda meyve verebilme özelliği yetiştiriciliğini cazip hale getirir. Dut ağaçları toprağı erozyona karşı korur, düşük su tüketimi nedeniyle yer altı su seviyesinin korur,

kuşlara yiyecek sağlar, gölge seven bitkilere barınak sağlar ve peyzaj mimarisinde kullanma gibi bazı avantajlar da sunmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle dut, organik tarım için de uygundur. Açıklık ve bozuk orman alanlarında, özellikle yerleşim yerlerine yakın bölgelerde, gelir getirici ağaçlandırma projeleri kapsamında meyve veren dut türleriyle ağaçlandırma yapılmalıdır (Vijayan ve ark., 2012).

Tuzlu topraklar hariç, geniş bir toprak ve iklim yelpazesinde yetişebilmesi, ülkemizin hemen her bölgesinde dut yetiştirilmesini mümkün kılar. Yol kenarları, şehir ormanları ve şehir içi peyzaj düzenlemelerinde dut kullanımı teşvik edilmelidir. Ayrıca, süs bitkisi olarak değer kazandırmak amacıyla yapılan ıslah çalışmaları, şehir ormancılığına uygun geniş yapraklı çeşitlerin çoğaltılmasını hedeflemektedir. Bu yaklaşımlar hem estetik hem de ekolojik açıdan çeşitli avantajlar sağlayarak, yeşil alanların kalitesini artırır. Yetiştiriciliği yeni olduğu kabul edilen *M. laevigata* genotiplerinin, diğer birçok dut türünde olduğu gibi adaptasyon kabiliyetini yüksektir. Parmak dutların ülkemizdeki adaptasyon denemeleri ve performansı hakkında veri bulunmamaktadır. Ancak hasat zamanı, vejetasyon dönemi, hasat aralığı gibi konuların araştırılması gerekmektedir (Orhan ve ark., 2020).

Parmak dutların pazara erken çıkma, raf ömrünün diğer dutlara göre uzun olması, meyveleri iri olması gibi avantajları bulunurken, meyvenin aroması düşüktür. Ülkemizde doğal olarak yetişen *M. alba* türü alt varyetesi olan siyah dutlar aroma yönünden parmak duttan daha üstündür. Bu dutlarda yetiştiriciliğe kazandırılmalıdır. Karadutun döllenme biyolojisi ile ilgili bilgiler kısıtlıdır. Kapama bahçecilik için ve melezleme ıslahı çalışmaları bakımından türlerin döllenme biyolojisini bilmek önemlidir. Karadutta dişi ve erkek çiçeklerin oluşma zamanları çakışmamaktadır. İlk meyvelerde tozlanmanın çakıştığı düşünülse bile, eylül sonuna kadar olgunlaşan meyvelerin tozlanması mümkün görünmemektedir. Diğer dutların da erkek çiçekleri mayıs ortasında olgunlaşıp, anterler patlamaktadır fakat hemen ardı sıra dişi kedicikler oluşmaktadır. Dişi çiçeği tozlayacak polen bulunmamaktadır. Karadutun ağustos sonuna kadar meyve verdiği bilinmektedir. (Vijayan ve ark., 2018; Demirel ve Yıldız, 2021).

Farklı oluşmaktadır. Dışında yapılan incelemeler meyve büyüklüğü, meyve verme süresi ve daldan kopma direnci gibi özellikler bakımından farklılık olmadığını göstermektedir. Karadut ağaçlarında meyve sapı çok kısadır ve meyvelerin daldan kopması zordur. Hasadı elle yapılmaktadır. Elle

derim meyvelerin zedelenmesine, ezilmesine ve meyve bütünlüğünün bozulmasına sebep olmakta ve ticari değerini düşürmektedir. Karadutta meyvenin uzun süre pazarlanmasını sağlayacak ayrıca derimi kolaylaştıracak ıslah çalışmaları yapılmalıdır (Ahlawat ve ark., 2016).

Bitki ıslahında mutasyon çalışmaları mevcut gen havuzunun genişletilmesinde etkin bir yoldur. Yapılan literatür taramalarında dutta genetik varyasyon oluşturmak üzere yapılmış çalışmaya rastlanmamıştır. Gen havuzu oldukça dar olan karadutun seleksiyonla üstün nitelikli karadut çeşitlerinin geliştirilmesi imkânsız olmasa da başarı olasılığı oldukça düşüktür. Kültür bitkilerinde istenilen özelliklerin kazandırılmasında kalıtsal yapıda ani değişimler yapılarak kısa zamanda yeni varyasyonlar ortaya çıkabilir. Genetik yapıda kalıtsal değişimlere neden olan etkenlerden biriside mutasyon ıslahıdır (Can ve ark., 2021)

Ülkemizde dut genotiplerinde çeşit ıslahı çalışmalarına yönelik araştırmalarda, seleksiyon çalışmaları yapılırken melezleme ve mutasyon ıslahı teknikleri kullanılarak varyasyon oluşturulması çalışmaları için hala başlayamamıştır. Seleksiyon çalışmalarında ise, özellikle karadutta doğada varyasyonun yetersiz olması nedeniyle ön plana çıkan ya da mevcut çeşitlerin önüne geçen genotip bulunamamıştır. Bazı meyve türlerinde doğadan selekte edilen yabani genotiplerin performansları, hâlihazırda var olan kültürel çeşitlerin birçok bitki veya meyve özellikleriyle yarışabilecek veya daha üstün olabilecek şansa sahipken, doğadaki yabani karadut genotiplerinin ve mevcut çeşitlerin birbirleriyle yarışabilme yetenekleri bulunmamaktadır. Ülkemizde uzun yıllar yabanileri toplanıp sevilerek tüketilen ama üzerinde fazla çalışma yapılmayan bir meyve türü olan karadut hak ettiği değeri göremeyen meyvelerin başında gelmektedir (Türemiş ve ark., 2017; Çöçen ve ark., 2018).

Karadut spermatofit türler arasında bilinen en yüksek sayıda poliploidiye ( $2n = 308$ ) sahiptir (Basavaiah ve ark., 1990). *M. nigra* L.'nin diğer *Morus* türleriyle kolayca melezleşmesini engellemesiyle açıklanabilir (Weiguo ve ark., 2009). Karadut türündeki genetik çeşitlilik yoksunluğu yüksek poliploidi seviyesi ile ilişkilendirilebilir. Yüksek poliploid türlerin soylarının tükenmesi diploidlere göre daha olasıdır ve poliploidi evrimsel bir 'çıkamaz'dır. *M. nigra* popülasyonundaki genetik çeşitliliğin olmaması, poliploidinin çeşitlilik kaybına yol açtığı hipotezini desteklemektedir. *M. nigra*'da genetik varyasyon kaybı ve otonom üreme eksikliğini anlamak için ek araştırmalar yapılmalıdır.

Ayrıca, *M. nigra*'da apomiktik tohum oluşumu araştırılmalıdır. Bu türdeki sınırlı genetik çeşitlilik nedeniyle, seleksiyon ıslahı ve melezleme ıslahı önerilemez. Fakat diğer dut türleri ile melezleme, anaç kullanımının iyileştirilmesi ve bahçecilik uygulamalarının ilerletilmesi, bu türün ticari üretim için geliştirilmesinin uygun yollarıdır. Ayrıca karadut üzerine yapılacak çalışmalar kontrollü koşullarda büyüyen ağaçlar kullanılarak ve mümkünse çeşit veya klonal çoğaltılmış tipler kullanılarak yürütülmelidir (Kılınçer, 2023).

İklim değişikliğinin dut yetiştiriciliği üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletmek amacıyla, dut genotiplerinin çeşitliliğini araştırmak ve biyoteknolojik teknikleri kullanmak önemlidir. Çeşit geliştirme için önemli olan gen havuzundaki varyasyon bilgisinin belirlenmelidir. Bitki doku kültürü, DNA marker yöntemleri, Marker Destekli Seleksiyon (MAS), mutasyon ıslah teknikleri ve gen transfer teknolojileri gibi modern biyoteknoloji araçları, daha geniş adaptasyon kapasitesine ve stres koşullarına yüksek toleransa sahip yeni dut çeşitlerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir. Bu bağlamda, moleküler seleksiyonun özgün genotiplerin tanımlanması ve yeni çeşitlerin oluşturulması için kritik öneme sahiptir. Seleksiyon ıslahı, üstün özelliklere sahip bireylerin belirlenmesi üzerine kuruludur; ancak çevresel etmenlerden etkilenebilen fenotipik özelliklere dayalı seçimler yanıltıcı olabilir. Bu nedenle, ıslah çalışmalarında genotiplerin kesin ve doğru bir şekilde tanımlanması büyük önem taşır.

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada dut (*Morus spp.*) ıslahı, özellikle ipekböceği yetiştiriciliği, yaprak, verimliliği meyve kalitesi ve verimliliği gibi kriterler üzerinde durulmaktadır. Dut ıslahında sonuç olarak son dönemde özetle öne çıkan gelişmeler şunlardır;

- 1) Genetik İyileştirme ve Moleküler Yöntemler: Dut ıslahında geleneksel ıslah yöntemlerine ek olarak, moleküler biyoloji ve genetik mühendisliği alanında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Moleküler markörler, QTL haritalaması (kalitatif özellik lokusları), ve genomik seçim gibi teknikler, dutun daha verimli ve dayanıklı çeşitlerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu yöntemler, hastalık ve stres toleransının artırılması, yaprak veriminin

iyileştirilmesi ve çevresel streslere daha dayanıklı dut çeşitlerinin üretilmesinde kullanılmaktadır.

- 2) Tuzluluk ve Kuraklık Toleransı: Dünyada artan iklim değişikliği ile birlikte, tuzlu ve kurak topraklara uyum sağlayabilen dut çeşitlerinin geliştirilmesi önem kazanmıştır. Bazı çalışmalarda, tuzluluk ve kuraklığa dayanıklı dut çeşitlerinin elde edilmesi için genetik kaynaklardan yararlanılarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir.
- 3) Dut Meyve Üretimi ve Ticari Çeşitler: Dut meyvesi üretimi açısından da önemli gelişmeler kaydedilmektedir. Özellikle, besin değeri yüksek ve ticari değeri olan yeni dut çeşitlerinin geliştirilmesine odaklanılmaktadır. Antioksidan, vitamin ve mineral içeriği yüksek dut çeşitlerinin ticari üretimi, gıda ve sağlık sektörlerinde giderek daha fazla ilgi görmektedir.

Çin, hem dut ıslahında hem de dut üretiminde dünyada önde gelen ülkelerden biridir. İpekböcekçiliği açısından köklü bir geçmişe sahip olan Çin, dut üretimi ve ıslahında en geniş genetik kaynaklara ve ileri teknolojilere sahiptir. Hindistan, Japonya ve Brezilya gibi ülkeler de önemli üreticiler arasında yer alır. Hindistan, Asya'da ipekböceği yetiştiriciliği ve dut üretiminde Çin'den sonra en büyük üretici konumundadır. Bu ülkeler hem dut yaprağı hem de meyve üretiminde yenilikçi ıslah çalışmaları yaparak, hastalıklara dayanıklı, yüksek verimli ve çevresel streslere uyumlu dut çeşitleri geliştirmeye odaklanmaktadır.

Türkiye'de dut ıslahının geliştirilmesi için atılabilecek adımlar, ülkenin mevcut tarım altyapısı, iklim koşulları ve dutun farklı kullanım alanları göz önünde bulundurularak şekillendirilebilir. Türkiye'de dut ıslahını geliştirmek için öneriler:

#### 1. Genetik Çeşitliliğin Geliştirilmesi

Genetik Kaynakların Korunması ve Kullanımı: Türkiye'de yerli dut çeşitlerinin genetik kaynakları korunmalı ve bu kaynaklar modern ıslah programlarına dahil edilmelidir. Ayrıca, Çin, Hindistan ve Japonya gibi ülkelerden egzotik genetik materyallerin getirilerek bu çeşitlerle melezleme çalışmaları yapılabilir.

Gen Bankaları Kurulması: Türkiye'deki yerli dut çeşitlerinin genetik çeşitliliğinin korunması için kapsamlı bir gen bankası oluşturulabilir. Bu

bankalar, ileride yapılacak ıslah çalışmalarında kullanılacak genetik materyali sağlayacaktır.

## 2. Islah Programlarına Moleküler ve Genomik Araçların Entegrasyonu

**Moleküler Markör Tekniklerinin Kullanımı:** Moleküler markörlerin kullanımıyla hastalıklara dayanıklı, verimli ve çevresel strese toleranslı çeşitlerin geliştirilmesi sağlanabilir. QTL haritalama ve genomik seçim gibi tekniklerin Türkiye’de yaygın kullanımı, ıslah süreçlerini hızlandırabilir.

**Biyoteknoloji ve Genetik Mühendisliği:** Genetik mühendisliği yöntemleri kullanılarak, Türkiye'deki dut çeşitlerine hastalık direnci, kuraklık ve tuz toleransı gibi özellikler kazandırılabilir.

## 3. Çevresel Streslere Dayanıklılık

**Tuzluluk ve Kuraklık Toleransı:** Türkiye'nin farklı bölgelerinde görülen toprak tuzluluğu ve kuraklık gibi çevresel zorluklar dikkate alınarak, bu koşullara dayanıklı dut çeşitlerinin geliştirilmesi önemlidir. Melezleme çalışmaları ve stres toleransına yönelik seleksiyonlar, bu hedefin gerçekleştirilmesine katkı sağlayabilir.

**İklim Değişikliği Adaptasyonu:** İklim değişikliğinin etkileri göz önüne alınarak, aşırı sıcaklık, düzensiz yağış ve artan tuzluluk gibi stres faktörlerine uyum sağlayacak dut çeşitleri üzerinde çalışılmalıdır.

## 4. İpekböcekçiliği ve Ticari Üretim Odaklı Islah

**Yaprak Verimliliğinin Artırılması:** Türkiye’de dut ıslahı, özellikle ipekböceği yetiştiriciliğinde kullanılan yaprakların kalitesini ve verimliliğini artırmaya yönelik olmalıdır. Daha verimli yaprak üretimi, ipekböceği endüstrisinde rekabet avantajı sağlayabilir.

**Dut Meyve Üretiminin Teşvik Edilmesi:** Dut meyvesi, gıda sanayisinde ve sağlık sektöründe giderek daha fazla değer kazanmaktadır. Ticari meyve üretimine yönelik yüksek verimli ve kaliteli çeşitlerin geliştirilmesi teşvik edilmelidir.

## 5. Araştırma ve Eğitim Merkezlerinin Kurulması

**Islah Merkezlerinin Kurulması:** Türkiye'de dut ıslahına odaklanan araştırma merkezleri kurulmalı ve bu merkezler üniversitelerle iş birliği yaparak sürekli araştırmalar yürütmelidir. Aynı zamanda, bu merkezler, çiftçilere eğitim ve danışmanlık hizmetleri sunarak yeni çeşitlerin uygulanmasını teşvik edebilir.

Uluslararası İş birlikleri: Çin, Hindistan ve Japonya gibi lider ülkelerle iş birlikleri kurulabilir. Bu ülkelerdeki başarılı ıslah çalışmaları incelenerek Türkiye'ye uyarlanabilir.

#### 6. Pazar ve Değer Zinciri Geliştirme

Ticari Çeşitlerin Yaygınlaştırılması: Dut ıslahı programları sonucunda geliştirilen ticari çeşitlerin Türkiye'de çiftçiler tarafından benimsenmesi için yaygın eğitim ve tanıtım çalışmaları yapılmalıdır.

Değer Zinciri ve Katma Değer Ürünler: Dutun meyve olarak işlenmesi (reçel, pekmez, kurutulmuş dut vb.) gibi katma değerli ürünlerin üretilmesi teşvik edilmelidir.

Bu stratejiler, Türkiye'de dut ıslahını daha ileriye taşımak ve sürdürülebilir bir şekilde geliştirmek için temel adımlar olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Ahlawat, T., Patel, N.L., Agnihotri, R., Patel, C.R. & Tandel, Y. (2016). Black mulberry (*Morus nigra*). Underutilized fruit crops: Importance and cultivation, 195, 212.
- Aisar Novita, S.P. (2024). Botani: Pengenalan Morfologi dan Anatomi Tumbuhan. Umsu Press. Cetakan Pertama; ISBN:978-623-408-664-5, E-ISBN: 978-623-408-664-1, 124p.
- Aras, S., Gündeşli, M.A., Uğur, R., Özatar, O. & Ilgın, M. (2019). Determination of pomological characterization of black mulberry (*Morus nigra* L.) Grown in Kahramanmaraş province. *Ejons International Journal*, 3(11), 89–97.
- Aslan, M.M. (1998). *Malatya, Elazığ, Erzincan ve Tunceli illerine bağlı bazı ilçelerden ümitvar dut tiplerinin seçimi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Asins, M.J. & Carbonell, E.A. (1989). Distribution of genetic variability in a durum wheat world collection. *Theoretical and Applied Genetics*, 77, 287-294.
- Atmakuri, A.R., Chaudhury, R., Malik, S.K., Kumar, S., Ramachandran, R. & Qadri, S.M.H. (2009). Mulberry biodiversity conservation through cryopreservation. *In Vitro Cellular ve Developmental Biology-Plant*, 45, 639-649.
- Balik, A., Gecer, M.K. & Aslantaş, R. (2019). Diversity of biochemical content in fruits of some indigenous mulberry genotypes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43(1), 28-35.
- Bayazıt, Z.S. (2004). *Tokat Merkez ilçesinde yetiştirilen dut türleri arasındaki biyoçeşitliliğin moleküler belirteçlerle saptanması*. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.
- Barnes, R.L. (2008). *Morus* L. The woody plant seed manual. Agriculture Handbook, 727, 728-732.
- Basavaiah, L., Dandin, S.B. & Rajan, M.V. (1989) Microsporogenesis in hexaploid *Morus serrata* Roxb. *Cytologia*, 54, 747-751.
- Basavaiah, S., Dandia, B., Dhar, A. & Sengupta, K. (1990). Meiosis in natural decosaploid (22x) *Morus nigra* L. *Cytologia*, 55(3), 505-509.



- Benavides, J.E., Lachaux, M. & Fuentes, M. (1994). Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus* sp.). *Árboles y arbustos forrajeros en América Central*, 2, 495-514.
- Berg, C.C. (2001). Moreae, Artocarpeae, and Dorstenia (Moraceae). *Flora Neotropica*. Monograph 83. New York Botanical Garden, Bronx, NY, USA, pp 24-32.
- Biasiolo, M., Da Canal, M.T. & Tornadore, N. (2004). Micromorphological characterization of ten mulberry cultivars (*Morus* spp.). *Economic Botany*, 58(4), 639-646.
- Boubaya, A., Ben Salah, M., Marzougui, N. & Ferchichi, A. (2009). Pomological characterization of the mulberry tree (*Morus* spp.) in the South of Tunisia. *Journal of Arid Land Studies*, 19(1), 157-159.
- Bounocore, C. (1941). Sexuality in *Morus alba*. Bull. R. Stag. Sperim Gelsocalt C. *Bachicolt Ascoli Pieono*, 29, 47-57.
- Brandis, D. (1906). Indian trees. Proceedings of the Linnean Society of London, Piccadilly, London, UK, pp 612-613.
- Çam, İ. (2000). *Edremit ve Gevaş yöresi dutlarının fenolojik ve pomolojik özellikleri ile seleksiyonu üzerine araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Can, A., Kazankaya, A., Orman, E., Gundogdu, M., Ercisli, S., Choudhary, R. & Karunakaran, R. (2021). Sustainable mulberry (*Morus nigra* L., *Morus alba* L. and *Morus rubra* L.) production in Eastern Turkey. *Sustainability*, 13(24), 13507.
- Cao, X., Shen, Q., Shang, C., Yang, H., Liu, L. & Cheng, J. (2019). Determinants of shoot biomass production in mulberry: Combined selection with leaf morphological and physiological traits. *Plants*, 8(5), 118.
- Çetiner, E. (1981). Türkiye Bitki Genetik Kaynakları Meyve Bağ Envanteri. Ege Bölge Zirai Araştırma Enstitüsü Yayınları, No:19, Menemen.
- Choudhary, R., Malik, S.K., Chaudhury, R. & Rao, A.A. (2023). Optimized Recovery of Cryostored Dormant Buds of Mulberry Germplasm. *Plants*, 12(2), 225.

- Chatterjee, S.N., Nagaraja, G.M., Srivastava, P.P. & Naik, G. (2004). Morphological and molecular variation of *Morus laevigata* in India. *Genetica*, 121(2), 133-143.
- Collinson, M.E. (1989). The fossil history of the Moraceae, Urticaceae (including Cecropiaceae), and Cannabaceae. *Evolution, systematics, and fossil history of the Hamamelidae*, 2, 319-339.
- Çöçen, E., Pınar, H., Uzun, A., Yaman, M., Aslan, A. & Altun, O.T. (2018). Phenological, pomological and technological characteristics of seedless white mulberry in mulberry genetic resources of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 6(10), 1317-1321
- Çöçen, (2017). *Malatya Dut Genetik Kaynakları Parselinde Bulunan Dut Genotiplerinin Fenolojik, Pomolojik ve Morfolojik Karakterizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Da Costa, C.A., Veloso, J.S., de Oliveira, B.F., Lourenço, V. & Reis, A. (2021). First report of *Neophloeospora maculans* causing leaf spots in *Morus nigra* and *M. alba* in Brazil. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128, 317-321.
- Das, B.C. & Krishnaswami, S. (1965) Some observations on Interspecific hybridization in mulberry. *Indian J Seric.*, 4, 1-8.
- Das, B.C. & Krishnaswami, S. (1969). Estimation of components of variation of leaf yield and its related traits in mulberry. *The Journal of Sericultural Science of Japan*, 38(3), 242-248.
- Das, B.C., Prasad, D.N. & Krishnaswami, S. (1970) Studies on anthesis in mulberry. *Indian J Seric.*, 9, 59-64.
- Das, B.K. & Mukherjee, S.K. (1986) Promotion of femaleness in *Morus alba* (L) by multiple application of plant growth regulators. *Geobios*, 13, 272-273.
- Datta, R.K. (2002). Mulberry cultivation and utilization in India, 45-62.
- Davis, P.H. (1982). Flora of Turkey and the East Aegean Island, Edinburg Univ. Edinburg, 7, p. 946.
- De Candolle, A., (1967). Origin of cultivated plants. New York and London. pp.149-153.
- Demirel, M.A. & Yıldız, K. (2021). Flower structures of black mulberry (*Morus nigra*) trees. *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 3(2), 60-65.

- Dwivedi, N.K., Suryanarayana, N., Susheelamma, B.N., Sikdar, A.K. & Jolly, M.S. (1989) Interspecific hybridization studies in mulberry. *Sericologia*, 29, 147-149.
- Durgadevi, R. & Vijayalakshmi, D. (2020). Mulberry with increased stomatal frequency regulates gas exchange traits for improved drought tolerance. *Plant Physiology Reports*, 25, 24-32.
- Erdoğan, Ü. (2003). *İspir ve Pazaryolu İlçelerinde Yetiştirilen Dutların (Morus sp.) Seleksiyon Yoluyla Islahı Üzerine Bir Araştırma*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- El-Homosany, A. A.E.W. & Farag, M.S. (2020). Cryopreservation of mulberry (*Morus* spp.) germplasm. *Curr. Sci. Int.*, 9, 232-239.
- Engler, A, Prantl. K. (1924) *Dinaturlichen Pflanzen familien*, 2nd. edn. Duncker and Humblot, Berlin, Germany
- Ercisli, S. & Orhan, E. (2008). Some physico-chemical characteristics of black mulberry (*Morus nigra* L.) genotypes from Northeast Anatolia region of Turkey. *Sci. Hortic.*, 116(1), 41-46.
- Ertan, E. (2007). Variability in leaf and fruit morphology and in fruit composition of chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) in the Nazilli region of Turkey. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 54(4), 691-699.
- Gamble, J.S. & Fischer, C.E.C. (1957). *Flora of the presidency of Madras*, vol 2. West Newman and Adlard, London, UK, pp. 946-958.
- Gunes, M. & Cekic, C. (2004). Some chemical and physical properties of fruits of different mulberry species commonly grown in Anatolia, Turkey. *Asian J. Chem.*, 16(3), 1849-1855.
- Guresci, E. (2021). A Study On The Sericulture in Turkey. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(4), 890-902.
- Gönülşen, N. & Gülcan, R. (1986). Temperate fruit crop germplasm in Turkey.
- Gülşen, N. & Ulubelde, M. (1988). Temperate tree fruit germplasm in Turkey. In Proc. International Conference on Walnut (pp. 125-136).
- Güneş, M. & Çekiç, Ç. (2004). Tokat yöresinde yetiştirilen farklı dut türlerinin fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Ulusal Kivi ve Üzümsü Meyveler Sempozyumu*, 23-25 Ekim 2003, Ordu, s.23-25.
- Gürçan, K. (2021). Ekşi karadutun (*Morus nigra* L.) Türkiye’de yetiştiricilik kültürü ve alanları: Asırlık ağaçların keşfi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31), 568-582.

- Gökmen, H. (1973). Kapalı tohumlular. Şark Matbaası. Ankara, 1, 186-190.
- Ho, U.H., Kye, J.S., Choe, S.I., Kim, J.H. & Kim, M.H. (2021). Molecular distinction among mulberry (*Morus* spp.) species and varieties cultivated in the Democratic People's Republic of Korea. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68(8), 3103-3114.
- Hooker, J.D. (1885). Flora of British India, vol V. Reeve, East House Book, Ashford, Kent, UK, pp 491-493.
- Hotta, T. (1954). Fundamentals of *Morus* plants classification. Kinugasa Sanpo 390:13-21 (in Japanese).
- Hou, Y.J. (1994). Mulberry Breeding. Sericulture Department, Zhejiang Agriculture University, Hangzhou, 1-4.
- İpek, M., Arıkan, Ş., Eşitken, A. & Pirlak, L. (2021). Genetic Diversity in Mulberry Genotypes. In Mulberry (pp. 21-31). CRC Press.
- İslam, A., Kurt, H., Turan, A. & Şişman, T. (2004). Şebinkarahisar da yetiştirilen mahalli dut çeşitlerinin pomolojik özellikleri. *Ulusal Kivi ve Üzümsü Meyveler Sempozyumu*, 23-25 Ekim 2003, Ordu, s. 409-412.
- Jaiswal, V.S. & Kumar, A. (1981). Activity and isozymes peroxidases in *Morus nigra* L. during sex differentiation. *Z Pflanzenphysiol* 102:299-302.
- Kafkas, S., Özgen, M., Doğan, Y., Özcan, B., Ercişli, S. & Serce, S. (2008). Molecular characterization of mulberry accessions in Turkey by AFLP markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133(4), 593-597.
- Khadivi, A., Hosseini, A. S. & Naderi, A. (2024). Morphological characterizations of *Morus nigra* L., *M. alba* L., and *M. alba* L. var. *nigra*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 71(4), 1635-1642.
- Kanjilal, U.N., Kanjilal, P.C., Das, A., De, R.N. & Bor, N.L. (1940). Flora of Assam, vol 4. Government Press, Shillong, Meghalaya, India, pp 272-274.
- Karaat, F.E. (2020). Some morphological and pomological characteristics of local mulberry (*Morus* spp.) selections in Adıyaman. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1), 46-53.
- Katsumata, F. (1972) Relationship between the length of styles and the shape of idioplasts in mulberry leaves, with special reference to the classification of mulberry trees. *J. Seric. Sci. Jpn.*, 41, 387-395

- Kazutoshi O., Kazuto, S., Takao, N. & Makoto, K. (2004). Plant genetic resources in Japan: platforms and destinations to conserve and utilize plant genetic diversity. *Jpn. Agric. Res. Quart*, 39, 231-237.
- Kılınçer, İ. (2023). *Türkiye'de yetişen ekşi kara (Morus nigra) dutların basit dizi tekrarları (Simple Sequence Repeat- SSR) ile moleküler karakterizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Koidzumi, G. (1917). Taxonomy and phytogeography of the genus *Morus*. *Bull. Seric. Exp. Station, Tokyo (Japan)*, 3, 1-62.
- Koyuncu, F., Vural, E., Koyuncu, M.A. & Yildirim, F. (2004). Evaluation of black mulberry (*Morus nigra* L.) genotypes from lakes region, Turkey. *European Journal of Horticultural Science*, 69(3), 125-131.
- Koyuncu, F. (2004). Morphological and agronomical characterization of native black mulberry (*Morus nigra* L.) in Sütçüler, Turkey. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 138, 32-35.
- Kumar, V., Kodandaramaiah, J. & Rajan, M.V. (2012). Leaf and anatomical traits in relation to physiological characteristics in mulberry (*Morus* sp.) cultivars. *Turkish Journal of Botany*, 36(6), 683-689.
- Kumar, R., Dandin, S.B., Rabindran, S. (1985) Modification of sex expression in mulberry (*Morus alba* L.) by Silver Nitrate. *Indian J. Exp. Biol.*, 23, 288-289.
- Lale, H. (1992). *Dut türlerinin pomolojik, fenolojik ve meyve kalite özellikleri üzerinde bir çalışma*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Le Houerou, H.N. (1980). The role of browse in the management of natural grazing lands. *Browse in Africa, the current state of knowledge*, 329-338.
- Ledebour, C.F. (1951) *Flora Rossica Sive enumeratio Plantarum in Totius Imperii Rossici Symptilus Librariae E Schuscizer bart. Stuttgartiae* 3:643-644
- Leroy, J.F. (1949). Contribution a l'étude des Monochlamydees: documents nouveaux sur des plantes de Madagascar, de Sumatra et de Colombie. *Bull Mus Hist Nat Ser* 221:725-732
- Liu, P.G., Xu, Z.L., Zhu, Y., Lin, T.B., Lv, Z.Q., Yang, S. & Wei, J. (2022). Integrative analyses of transcriptomics and metabolomics in sex differentiation of mulberry flowers. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 9, 881090.

- Livak, K.J. & Schmittgen, T.D. (2000). Analysis of Relative Gene Expression Data Using Real-Time Quantitative PCR and the 2(-Delta Delta C(T)) Method. *Methods* 25, 402-408.
- Machii, H. (1999). A list of genetic mulberry resources maintained at National Institute of Sericulture and Entomological Science. Misc. Publ. Natl. Seric. Entomol. Sci. (Japan), 26, 1-77.
- Manjunath, K.K., Harshitha, B.S., Anusha, N.M. & Bhargavi, H.A. (2023). Breeding for mulberry improvement: A review. *Pharma Innov.*, 12, 477-481.
- Maode, Y., Zhonghuai, X., Lichun, F., Yifu, K., Xiaoyong, Z. & Chengjun, J. (1996) The discovery and study on a natural haploid *Morus notabilis* Schneid. *Acta Seric. Sin.*, 22, 67-71.
- Minamizawa, K. (1963) Experimental studies on the sex differentiation in mulberry. *Bull Fac Agric Tokyo Noko Digaku*, 7, 4-47.
- Mithilasri, M. & Parthiban, K.T. (2021). Nursery evaluation of mulberry germplasm (*Morus* spp.) for growth attributes. *Indian Journal of Agroforestry*, 23(2).
- Mukherjee, S.K. (1965) On some morphological evidence in floral structure towards the development of unisexuality in mulberry. *Indian J. Seric.*, 4, 1-7.
- Mukherjee, S.K. (1985). Systematic and ecogeographic studies on crop genepools 1. *Mangifera L.* IBPGR, Rome.
- Murthy, V.N.Y., Ramesh, H.L., Munirajappa & Yadav, B.R.D. (2012). Screening of Selected Mulberry (*Morus*) Germplasm Varieties Through Propagation Parameters. *Journal of Natural Sciences Research*, 2(5), 96-106.
- Mutebi, C.M. (2022). Mulberry (*Morus* spp) as a plant for building the resilience of smallholder farmers during climate change and COVID 19 pandemic. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 9(1), 73-83.
- Nair, N.C. (1977). Flora of Bushahr Himalayas. International Bioscience, Hisar, Haryana, India
- Nagoo, S.A., Buhroo, Z., Rafiq, I., Majeed, S., Naseer, S. & Baqual, M. F. (2019). Conservation and utilization of plant genetic resources with special emphasis on mulberry (*Morus* spp.). *Int. J. Fauna Biol.*, 6, 43-52.

- Niino, T. (1995). Cryopreservation of germplasm of mulberry (*Morus* species). In Cryopreservation of plant germplasm I (pp. 102-113). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Orhan, E., Akın, M., Eydurhan, S.P. & Ercisli, S. (2020). Molecular characterization of mulberry genotypes and species in Turkey. *Notulae botanicae horti agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(2), 549-557.
- Ogure, M., Harashima, N., Naganuma, K., Matsushima, M. (1980). Effect of ethereal and gibberellin on sex expression in mulberry *Morus* spp. *J. Seric. Sci. Jpn.*, 49, 335-341.
- Oğuz, H.I., Karaat, F.E., Odabaşıoğlu, M.I., Oğuz, İ. (2023). Early Season Grown of Mulberry (*Morus* spp.) Cultivation in the Mediterranean Region. *International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies-IV*, 28-30 April, Turkish Republic of Northern Cyprus, p.495-502.
- Ozturk, M., Kamili, A.N., Altay, V. & Rohela, G.K. (2023). Propagation of Mulberry and Production. In *Mulberry: From Botany to Phytochemistry* (pp. 101-110). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Özelçi, D. & Yiğit, E. (2022). *Morus nigra* L. (Karadut) cv. 'Eksikara' 'nın Mikroçoğaltımı. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(1), 49-56.
- Özgen, M., M. Güneş, Y. Akça, C. Kaya, N. Türemiş, S. Serçe, Ü. Erdoğan, M. Ilgın, G. Kızılcı, S. Ercişli ve A. Eşitken (2008). Ülkemizde selekte edilmiş ümitvar karadut (*Morus nigra* L.) ve kırmızı dut (*Morus rubra* L.) genotiplerinin fitokimyasal ve antioksidant içeriklerinin belirlenmesi ile koleksiyon bahçelerinin kurulması. TÜBİTAK TOVAG Proje Sonuç Raporu. Proje No: 106O102. 54s.
- Özgengiz, C.K. (2024). *Diyarbakır'da Yayılış gösteren dut (Morus spp.) genetik kaynaklarının morfolojik, pomolojik ve kimyasal karakterizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi, Siirt.
- Parkinson, C.E. (1923). A forest flora of Andaman Islands. Bishen Singh and Mahindra Pal Singh, Dehara Dun, UP, India, p.155.
- Polat, İ. (2013). *Parmak dutların (Morus laevigata) fenolojik, pomolojik özellikleri ve olgunlaşma esnasındaki fitokimyasal değişimleri*. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.

- Rabindran S., Dadin, S.B., Kumar, R. & Jolly, M.S. (1987). Modification of sex expression in mulberry (*Morus alba* ve *Morus indica*) by silver thiosulphate. *Curr. Sci.*, 57, 736-737.
- Rao, A.A. (2002). Conservation status of mulberry genetic resources in India. Paper contributed to Expert Consultation on Promotion of Global Exchange of Sericulture Germplasm Satellite Session of 19th International Sericulture Congress, Bangkok, Thailand, 21–25 Sept 2002.
- Rao, D.M.R., Jhansilakshmi, K., Saraswathi, P., Rao, A.A., Ramesh, S., Borpuzari, M. & Manjula, A. (2013). Scope of pre-breeding in mulberry crop improvement—A review. *Sci. Wkly*, 1, 1-18.
- Reddy, A.R., Chaitanya, K.V. & Sundar, D. (2000). Water stress-mediated changes in antioxidant enzyme activities of mulberry (*Morus alba* L.). *The Journal of Sericultural Science of Japan*, 69(3), 169-175.
- Shang, J.Z., Liang, J.B., Xiang, Z. H. & He, N.J. (2017). Anatomical andTranscriptional Dynamics of Early Floral Development of Mulberry (*Morus alba*). *Tree Genet. Genomes*, 2, 1-14.
- Shabnam, A.A., Chauhan, S. S., Khan, G., Shukla, P., Saini, P. & Ghosh, M. K. (2018). Mulberry breeding strategies for north and North West India. *Int. J. Adv. Res. Sci. Eng.*, 7(4), 2124-33.
- Sharma, A., Sharma, R. & Machii, H. (2000). Assessment of genetic diversity in a *Morus* germplasm collection using fluorescence-based AFLP markers. *Theor Appl. Genet.*, 101, 1049-1055.
- Sekhar, K.M., Reddy, K.S. & Reddy, A.R. (2017). Amelioration of drought-induced negative responses by elevated CO<sub>2</sub> in field grown short rotation coppice mulberry (*Morus* spp.), a potential bio-energy tree crop. *Photosynthesis Research*, 132, 151-164.
- Sütyemez, M. (2021). Kahramanmaraş Ekolojik Şartlarında Karadutun (Urmut) Morfolojik, Fenolojik ve Pomolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(3), 686-692.
- Şen, S.M. (1980). *Kuzeydoğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesi Cevizlerinin (Juglans regia L.) Seleksiyon Yoluyla Islahı Üzerinde Araştırmalar*. Doçentlik Tezi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Sikdar, A.K, Jolly, M.S. & Dwivedi, N.K. (1988) Polyploidization and modification of sex in mulberry by colchicine. *Curr. Sci.*, 57, 736-737.



- Takhatajan, A.L. (1980). Outline of the classification of flowering plants (Magnoliophyta). *Bot. Rev.*, 46, 225-359.
- Tikader, A., Vijayan, K., Raghunath, M.K., Chakraborti, S.P., Roy, B.N. & Pavankumar, T. (1995) Studies on sexual variations in mulberry (*Morus* spp). *Euphytica*, 84, 115-120.
- Tikader, A. & Ananda Rao, A. (2003). Inter and Intra-specific hybridisation studies in mulberry (*Morus* spp.) germplasm. *Bull. Indian. Acad. of Seric.*, 6, 17-22.
- Tikader, A. & Dandin, S.B. (2007). Pre-breeding efforts to utilize two wild *Morus* species. *Current Science*, 1729-1733.
- Tikader, A. & Vijayan, K. (2010). Assessment of biodiversity and strategies for conservation of genetic resources in mulberry (*Morus* spp.). Tree and Forest Biodiversity. *Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability*, 4(1), 15-27.
- Tikader, A., Saratchandra, B., Vijayan, K. & Singh, R.N. (2014). Mulberry germplasm management and utilization. A.P.H. Publishing Corporation, Driyaganj, New Delhi.
- Tiku, A.K., Bindroo, B.B. & Pandit, R.K. (1988) Flowering process and anthesis of mulberry under temperate climatic conditions (Kashmir valley). *Sericologia*, 28, 49-56.
- Tojyo, I. (1985) Research of polyploidy and its application in *Morus*. *Jpn. Agric. Res. Quart.*, 18, 222-227.
- Türemiş, N., Pırlak, L., Eşitgen, A., Erdoğan, Ü., Tümer, A. & İmrak, B. (2004). Akdeniz ve Doğu Anadolu'da yetişen dutların seleksiyonu ve seçilen tiplerin muhafazası. TÜBİTAK Proje Sonuç Raporu, Proje No: TOGTAG-2600.
- Türemiş, N., Pırlak, L., Eşitken, A., Erdoğan, Ü., Tümer, A., İmrak, B. & Burğut, A. (2017). A field survey of promising mulberry (*Morus* spp.) genotypes from Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 59(2), 101-107.
- Tzenov, P.I. (2002). Conservation status of mulberry germplasm resources in Bulgaria. *Paper contributed to expert consultation on promotion of global exchange of sericulture germplasm satellite session of XIXth ISC Congress*, 21st–25th September, Bangkok, Thailand.

- Uzun, İ.H. & Bayır, A. (2009). Farklı Dut Genotiplerinin Bazı Kimyasal Özellikleri ve Antiradikal Aktiviteleri. *III. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu*, 10-12 Haziran, Kahramanmaraş, p.127-138.
- Vavilov, N.I., (1951). The origin, immunity and breeding of cultivated plants. Translated from the Russia by K. S. Chester. *Cherenica Botanica*, 1(6).
- Venkatesh, K.H. (2021). Studies on basic chromosome number, ploidy level, chromosomal association and configuration and meiotic behavior in mulberry (*Morus* Spp.). In *Cytogenetics-Classical and Molecular Strategies for Analysing Heredity Material* (p. 1). Intech Open.
- Vijayan, K., Chatterjee, S.N. (2003). ISSR profiling of Indian cultivars of mulberry (*Morus* spp.) and its relevance to breeding programs. *Euphytica*, 131, 53-63.
- Vijayan, K., Tikader, A., Weiguo, Z., Nair, C.V., Ercisli, S. & Tsou, C.H. (2011a). *Morus* spp. Wild crop relatives: genomic and breeding resources: tropical and subtropical fruits, 75-95.
- Vijayan, K., Saratchandra, B. & da Silva, J.A.T. (2011b). Germplasm conservation in mulberry (*Morus* spp.). *Scientia Horticulturae*, 128(4), 371-379.
- Vijayan, K., Srivastava, P.P., Raju, P.J. & Saratchandra, B. (2012). Breeding for higher productivity in mulberry. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 48(4), 147-156.
- Vijayan, K., Ravikumar, G. & Tikader, A. (2018). Mulberry (*Morus* spp.) breeding for higher fruit production. *Advances in Plant Breeding Strategies: Fruits: Volume 3*, 89-130.
- Vijayan, K. & Sangannavar, P.A. (2020). Role of biotechnology in genetic conservation of mulberry plants for crop improvement. *Gene Technol.*, 10(S3), 7530-7530.
- Vijayan, K., Gnanesh, B.N. & Tikader, A. (2023). Botanical Features and Economic Significance of Mulberry. In *The Mulberry Genome* (pp. 1-11). Cham: Springer International Publishing.
- Gnanesh, B. N., Mondal, R., GS, A., HB, M., Singh, P., MR, B., & V, S. (2023). Genome size, genetic diversity, and phenotypic variability imply the effect of genetic variation instead of ploidy on trait plasticity in the cross-pollinated tree species of mulberry. *PLoS One*, 18(8), e0289766.

- Weiguo, Z., Zhihua, Z., Xuexia, M., Sibao, W., Lin, Z., Yile, P. & Yongping, H. (2006). Genetic relatedness among cultivated and wild mulberry (Moraceae: *Morus*) as revealed by inter-simple sequence repeat analysis in China. *Canadian Journal of Plant Science*, 86(1), 251-257.
- Weiguo, Z., Fang, R., Pan, Y., Yang, Y., Chung, J., Chung, I. & Park, Y. (2009). Analysis of genetic relationships of mulberry (*Morus laevigata* L.) germplasm using sequence-related amplified polymorphism (SRAP) markers. *African Journal of Biotechnology*, 8(11), 2604-2610.
- Withers, L.A. (1995). Collecting in vitro for genetic resources conservation. *Collecting Plant Genetic Diversity*, 511-515.
- Yaltirik, F. (1982). *Morus*. In: Davis PH (ed) Flora of Turkey. Edinburgh University Press, Edinburgh, UK, 641 p.
- Yanfang, Z., Dechang, H., Jincheng, Z., Ping, Z., Zhaohong, W. & Chuanjie, C. (2019). Development of a mulberry core collection originated in China to enhance germplasm conservation. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 19(1), 55-61.
- Yılmaz, K.U., Zengin, Y., Ercisli, S., Demirtas, M.N., Kan, T. & Nazli, A.R. (2012). Morphological diversity on fruit characteristics among some selected mulberry genotypes from Turkey. *J. Anim. Plant Sci.*, 22(1), 211-214.
- Zhao, W. (2006). Genetic relatedness among cultivated and wild mulberry (Moraceae: *Morus*) as revealed by inter-simple sequence repeat analysis in China. *Can. J. Plant Sci.*, 86, 251-257.

## BÖLÜM 3

### HİDROJEL KULLANIMININ BAHÇE BİTKİLERİNDE SU YÖNETİMİ, VERİMLİLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Prof. Dr. Serpil TANGOLAR<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17571979>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 01330 Adana-Türkiye. [stangolar@cu.edu.tr](mailto:stangolar@cu.edu.tr), Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5563-1972>



## 1. GİRİŞ

Günümüz dünya tarımı; iklim değişikliği, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi, su kaynaklarındaki azalma, pestisit ve gübre kullanımındaki artış gibi pek çok yapısal ve çevresel sorunla karşı karşıyadır. Özellikle iklim değişikliğinin sıcaklık ve yağış rejimleri üzerindeki etkileri, kuraklık olaylarının sıklığını ve şiddetini artırarak tarımsal üretimi ciddi biçimde tehdit etmektedir (AbdAllah, 2019; AbdAllah ve ark., 2021; Malik ve ark., 2022; Patra ve ark., 2022).

Tarımın karşı karşıya olduğu en kritik sorunlardan birisi su kıtlığıdır. Tatlı su kaynaklarının yaklaşık %70'i tarımsal sulamada kullanılmakta olup, bu suyun önemli bir kısmı buharlaşma, sızıntı ve yüzeysel akış gibi yollarla kaybedilmektedir. Bu durum artan kuraklıkla birleştiğinde tarımsal verimlilik üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta, özellikle su stresi altındaki bölgelerde gıda güvenliğini riske atmaktadır (Sahmat ve ark., 2022; El Idrissi ve ark., 2023). Kuraklığın etkileri yalnızca tarımsal üretimle sınırlı kalmamakta; aynı zamanda ülkelerin ekonomik, sosyal ve ekolojik dengelerini de tehdit etmektedir.

Tarım sektöründeki su kullanımının yüksek olması ve verimliliğin düşük seyretmesi, sulama sistemlerinde su tasarrufu sağlayacak ve tarımsal sürdürülebilirliği destekleyecek yenilikçi stratejilerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Khodadadi Dehkordi, 2016; Singhal ve ark., 2023). Malik ve ark., (2022), sulamanın maliyetli bir işlem olduğunu ve toprakta optimal nem seviyesinin sağlanması için etkin besin ve su yönetiminin gerekli olduğunu belirtmektedir. Bu bağlamda, polimer esaslı çözümler giderek daha fazla ilgi görmekte ve tarımsal uygulamalarda yer bulmaktadır.

Süper emici hidrojel, kendi ağırlıklarının onlarca katı kadar suyu absorbe edebilen üç boyutlu hidrofilik yapılar olup, bu özellikleri sayesinde tarımsal uygulamalarda umut vadeden materyaller olarak değerlendirilmektedir (Barrett ve ark., 2016; El Idrissi ve ark., 2023; Ma ve ark., 2023; Singhal ve ark., 2023). Singh ve ark., (2021), bu tür polimerlerin toprağın düşük su ve mineral besin maddesi tutma kapasitesini artırarak, bitki gelişimini destekleme potansiyeline sahip olduğunu ifade etmektedir. "Akıllı" veya "aç" polimerler olarak da adlandırılan bu malzemeler, modern tarımın yüksek teknolojiye dayalı sistemlerinde giderek daha fazla araştırma konusu olmaktadır.

Toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmeye yönelik olarak geliştirilen süper emici polimerler, su ve besin maddelerinin bitki tarafından daha verimli kullanımını sağlayan bir rizosferik mikro ortam oluşturmada etkili olmaktadır (Kim ve ark., 2013; Yang ve ark., 2020; Jamal ve ark., 2022; Singhal ve ark., 2023). Bu tür katkı maddeleri, özellikle kurak ve su tutma kapasitesi düşük topraklarda suyun tutulması, toprağın geçirgenliği ve infiltrasyonu gibi hidrofiziksel özelliklerin geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Singh ve ark., 2021).

Polimer parçacıkları, ozmotik basınç farkıyla suyu yavaş salarak bitki köklerine sürekli nem sağlayan "minyatür su depoları" gibi işlev görmektedir (Fernando ve ark., 2014; Liao ve ark., 2016; Malik ve ark., 2022; El Idrissi ve ark., 2023). Bu özellikleri sayesinde sulama sıklığının azaltılması, bitki gelişiminin desteklenmesi ve suyun daha uzun süre kullanılabilir olması sağlanmaktadır (Anupama ve ark., 2007; İslam ve ark., 2011).

Literatürde, hidrojel uygulamalarının çoğunlukla açık tarla koşullarında yapıldığı, topraksız tarım uygulamalarında ise sınırlı sayıda çalışmanın bulunduğu görülmektedir (Gholamhoseini ve ark., 2018; Verma ve ark., 2019; de Vasconcelos ve ark., 2020; Başak, 2020; Rydlova ve Püschel, 2020; Friuli ve ark., 2021). Ancak, topraksız tarımda da bu materyallerin potansiyel faydalar sağlayabileceğine ilişkin bazı bulgular mevcuttur (Namvar ve ark., 2014; Kassim ve ark., 2017; Yang ve ark., 2019; Tomaskova ve ark., 2020; Sharma ve ark., 2022; Singhal ve ark., 2023).

Süper emici polimerlerin farklı bitki türlerinde kullanımıyla ilgili birçok çalışmada olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Domates (Bres ve Weston, 1993; Fernando ve ark., 2014; Mandal ve ark., 2015; Başak, 2020; Nassaj-Bokharaei ve ark., 2021; Cerasola ve ark., 2022; Madramootoo ve ark., 2023), biber (Tadevosyan ve ark., 2014), hıyar (Montesano ve ark., 2015; Gholamhoseini ve ark., 2018), kavun (de Vasconcelos ve ark., 2020), baklagiller (Santoso ve ark., 2019), zeytin (Chehab ve ark., 2017; M'barki ve ark., 2019), muz (Kassim ve ark., 2017), üzüm (Namvar ve ark., 2014) ve gerbera (Verma ve ark., 2019) gibi birçok bitki türünde hidrojel uygulamalarının su yönetimi ve verimlilik açısından pozitif etkileri raporlanmıştır.

Süper emici polimerler; buharlaşma, derine sızma ve yüzeysel akışı azaltarak toprakta suyun daha uzun süre tutulmasını sağlamakta, böylece su stresine karşı dirençli bir tarım sistemi oluşturmada katkı sunmaktadır (Patra ve

ark., 2022). Bu granüller, yağışlı veya sulama sonrası fazla nemi absorbe ederken, kuraklık koşullarında yavaşça serbest bırakarak bitki su ihtiyacını karşılamaktadır (Fernando ve ark., 2014; Neethu ve ark., 2018).

Ayrıca bu polimerler, sadece su tutucu değil; aynı zamanda besin taşıyıcı, tohum kaplama materyali, fitopatojen kontrol aracı ve toprak erozyonunu azaltıcı etkilere sahip çok işlevli malzemeler olarak da değerlendirilmektedir (Elshafie ve Camele, 2021; Patra ve ark., 2022). Tarla, bahçe, süs ve sebze bitkilerinde verim ve kalite artışı sağlama potansiyelleri de oldukça yüksektir (Malik ve ark., 2022).

Konu, Türkiye açısından değerlendirildiğinde; ülkemizin su kıtlığı yaşayan ülkeler arasında üst sıralarda yer aldığı ve küresel iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkelerden biri olduğu bildirilmektedir (Kılınç ve ark., 2023). 2030 yılına kadarki sürede iç ve batı bölgelerin %40'ını aşan; doğu ve güneydoğu Anadolu bölgelerinde ise %20-40 arasındaki alanlarda su stresi öngörülmektedir (Kutsal, 2020). Tarımsal su tüketiminin toplam su kullanımındaki %72'lik payı göz önünde bulundurulduğunda (Yağmur ve Okur, 2009), bu alandaki su kayıplarının azaltılması kritik öneme sahiptir.

Yeni nesil süper emici polimerler; çevreye zarar vermeyen, biyolojik olarak parçalanabilen, toksik olmayan yapıları sayesinde çevre dostu uygulamalar arasında değerlendirilmektedir (Liu ve ark., 2022; Sahmat ve ark., 2022; Singhal ve ark., 2023). Özellikle agaroz, kitosan, müsilaj gibi biyopolimer kaynaklarından düşük maliyetle elde edilen bu yeşil polimerler, sürdürülebilir tarımsal üretim için umut verici teknolojiler sunmaktadır (Sahmat ve ark., 2022).

Bu kitap bölümünün amacı, tarımsal üretimde su kullanımını verimli hale getirmek için süper emici polimerlerin potansiyel kullanımını incelemektir. Çalışmada, özellikle, kuraklık ve su kıtlığının tarım üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik bu polimerlerin etkinliğini değerlendirerek, tarımsal su yönetiminde sürdürülebilir çözümler önerilmektedir. Süper emici hidrojellerin bitki gelişimi ve su verimliliği üzerindeki olumlu etkilerinin yanı sıra, toprak özelliklerini iyileştirerek verimlilik artışı sağlama potansiyelleri de sunulacaktır. Ayrıca, bu polimerlerin çevresel etkileri ve ekonomik faydaları doğrultusunda, gelecekteki tarımsal uygulamalara yönelik öneriler de verilecektir.



## 2. HİDROJELLERİN SINIFLANDIRILMASI

Hidrojel; suyu tutma kapasitesi yüksek, hidrofilik polimerlerden oluşan ve petrol geri kazanımı, tıbbi uygulamalar ve aşı taşıyıcıları, içme ve atık su arıtımı, gıda işleme, kozmetik (Choudhary ve ark., 2014), biyoloji (Gradinaru ve ark., 2018), elektrik (Yuk ve ark., 2019), bahçe bitkileri tarımı (Chehab ve ark., 2017; Kassim ve ark., 2017; Gholamhoseini ve ark., 2018; Suresh ve ark., 2018; M'barki ve ark., 2019; Verma ve ark., 2019; Başak, 2020; Rydlova ve Püschel, 2020; Tomaskova ve ark., 2020; Sharma ve ark., 2022; El Idrissi ve ark., 2023) gibi pek çok alanda kullanılan bir malzemedir. Emici polimerler, su jelleri veya süper emici polimerler olarak da bilinen hidrojeller ilk kez Wichterle ve Lim (1960) tarafından tanımlanmış, 1960'ların sonlarından itibaren üstün özellikleri sayesinde farklı teknolojik sektörlerde hızla kullanılmaya başlanmıştır (Hüettermann ve ark., 2009). Hidrojin su çekme özelliği yapısındaki  $-NH_2$ ,  $-COOH$ ,  $-OH$ ,  $-CONH_2$ ,  $-CONH-$  ve  $-SO_3H$  gibi grupların varlığı, kılcak etki ve ozmotik basınç ile ilişkilidir (Dergunov ve Mum, 2009). Toprağa bir kez uygulandığında 3-5 yıl boyunca işlevini sürdürebilen bu polimerler (Dehkordi, 2016); gıda bilimi (Li ve ark., 2021), tıp (Foyt ve ark., 2018), eczacılık (Rosiak ve Yoshii, 1999; Bharskar, 2020; Sadeghi ve Hosseinzadeh, 2008) gibi birçok alanda kullanılmakta, ayrıca DNA, RNA ve proteinlerin ayrılması ve analizi için jel elektroforezinde de önemli bir rol oynamaktadır (Tablo 1).

Hidrojeller; kaynak, polimerik bileşim, çapraz bağlanma işlemi, fiziksel görünüm vb. gibi birçok farklı temele göre sınıflandırılabilir. Burada, hidrojeller; doğal bazlı ve sentetik bazlı hidrojeller olarak iki gruba ayrılmıştır.

### 2.1. Doğal Bazlı Hidrojeller

Doğal polimerlerden elde edilen hidrojeller; proteinler (kolajen, jelatin) ve polisakkaritler (aljinat, agaroz) gibi biyopolimerlerden oluşmaktadır (Choudhary ve ark., 2014). Bu hidrojellerin kaynağı oldukça çeşitlidir. Bitkilerden selüloz (Satriani ve ark., 2018; Dai ve ark., 2019; Miljković ve ark., 2021) ve nişasta (Park ve Kim, 2021); hayvansal dokulardan kollajen (Shoulders ve Raines, 2009), jelatin (Ledward, 2000) ve kitosan (Zhang ve ark., 2007); bakterilerden ksantan zammı (Chaturvedi ve ark., 2021), bakteriyel selüloz (Huang ve ark., 2014) ve hiyalüronik asit (Sze ve ark., 2016); alglerden ise agar, aljinat ve fitagel (Beaumont ve ark., 2021) elde edilmektedir. Doğal

bazlı hidrojeller genellikle biyoyumlu, sitotoksik olmayan ve kolayca modifiye edilerek biyolojik olarak parçalanabilir özelliklere sahiptir. Bu nedenle, çevre dostu ve sürdürülebilir malzemeler olarak artan ilgi görmektedirler. Ayrıca polisakkaritler, agaroz, kitosan ve müsilaj gibi tarımsal atıklardan düşük maliyetle elde edilebilmekte ve bu durum onları yeşil teknoloji kapsamında öne çıkan alternatifler haline getirmektedir (Sahmat ve ark., 2022).

Kimyasal yapılarına göre doğal bazlı hidrojeller; polyesterler, polisakkaritler ve proteinler olarak üç grupta incelenmektedir (Ahmed, 2015). Bunlar arasında özellikle polisakkaritler, uzun zincirli monosakkaritlerin oluşturduğu polimer yapıları sayesinde (McClements, 2007) hidrojel sentezinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Polisakkarit esaslı hidrojeller, tarımda yavaş salınımlı pestisitler, tohum kaplama materyalleri, toprak düzenleyiciler ve gübre taşıyıcıları gibi amaçlarla kullanılmakta; düşük maliyet, yenilenebilirlik ve biyolojik olarak parçalanabilirlik avantajlarıyla öne çıkmaktadır (Sahmat ve ark., 2022). Süper emici hidrojeller oluşturabilme kapasitesi yüksek olan doğal polisakkaritler; bitki özsuğu, tohumlar ve deniz yosunları gibi farklı biyolojik kaynaklardan da elde edilmektedir (Guilherme ve ark., 2015).

Tarımda yaygın olarak kullanılan hidrojellerin başında potasyum poliakrilat ve sodyum poliakrilat gelmektedir. Ancak doğal bazlı hidrojeller, bu ticari süper emici polimerlerle karşılaştırıldığında toprakta daha kolay parçalanabilmeleri ve yenilenebilir özellikleri sayesinde özellikle tarımsal uygulamalar için daha umut verici seçenekler olarak değerlendirilmektedir.

## **2.2. Sentetik Bazlı Hidrojeller**

Sentetik polimerlerden üretilen hidrojeller genellikle kimyasal polimerizasyon yöntemleriyle elde edilmektedir. Son yıllarda ise genetik mühendisliği ve biyosentetik tekniklerin kullanılmasıyla daha işlevsel ve özgün hidrojel yapılarının geliştirilmesi mümkün olmuştur. Hidrojellerin yapısal özelliği, tek bir polimer molekülünden oluşmalarıdır yani, polimer zincirleri birbirine bağlanarak makroskobik ölçekte tek bir ağ meydana getirmeleridir. Bu nedenle “jel” ve “hidrojel” kavramları çoğunlukla eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Jel, ne tamamen sıvı ne de tamamen katı olduğundan, yarı katı–yarı sıvı özellik gösterir ve bu durum saf fazlarda bulunmayan ilginç gevşeme davranışlarının ortaya çıkmasına yol açar. Ayrıca hidrojeller, sıcaklık,

pH, solvent kalitesi ve elektrik alanı gibi çevresel uyaranlara karşı hacimlerinde belirgin değişiklikler gösterebilirler (Choudhary ve ark., 2014).

Sentetik hidrojel üretiminde en sık kullanılan polimerler polikaprolakton, polivinil alkol, pirolidon, sitrik, tartarik ve laktik asitler ile çapraz bağlama için polietilen glikol akrilamiddir. Bu polimerler, yüksek dayanıklılıkla birlikte üstün su tutma kapasitesi sağlamaktadır. Bununla birlikte, sentetik hidrojellerin en önemli dezavantajları arasında biyolojik olarak parçalanma zorlukları, bertaraf sonrası çevresel kirliliğe yol açmaları ve yenilenemez özellikleri yer almaktadır. Özellikle poliakrilik asidin polimerizasyonu sonucunda oluşan bileşikler, insan sağlığı ve mikroflora üzerinde ciddi tehdit oluşturan kirletici maddeler arasında değerlendirilmektedir. Bu nedenle, son dönem çalışmalarda hidrojel formülasyonlarının fizikokimyasal ve mekanik özellikleri iyileştirilerek biyolojik olarak parçalanabilirlik sorunlarının azaltılması hedeflenmektedir (Sahmat ve ark., 2022).

**Tablo 1.** Hidrojelin özellikleri ve potansiyel uygulamaları (Singh ve ark., 2021)

| Özellikler             | Teknik özellikler                                                                                  |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kimyasal yapı          | Çapraz bağlı anyonik poliakrilat                                                                   |
| Dış görünüş            | Amorf granüller                                                                                    |
| Parçacık boyutu        | 20-100 mikro granüller                                                                             |
| pH                     | 7.0-7.5                                                                                            |
| 50°C de stabilite      | Stabil                                                                                             |
| UV ışığına hassasiyeti | Hassas değil                                                                                       |
| Sıcaklık               | 40-50 °C                                                                                           |
| İstikrar               | ~ 2 Yıl                                                                                            |
| Diğer özellikler       | ➤ Kuru ağırlığının 400 katı suyu emer ve yavaş yavaş serbest bırakır                               |
|                        | ➤ Yarı kurak ve kurak toprakların sıcaklık (40–50 °C) karakteristiğinde maksimum emicilik sergiler |
|                        | ➤ Tohum çimlenme yüzdesini ve fide oluşturma oranını artırır                                       |
|                        | ➤ Uygulanacak üre dozu ile sulama ve gübreleme ihtiyacını azaltır                                  |

### 3. TOPRAKLI TARIMDA HİDROJEL KULLANIMI

Bahçe bitkilerinde (meyve, sebze, bağ ve süs bitkileri) kuraklığa karşı bitkinin korunmasını amaçlayan değişik çalışmalar yürütülmüş ve yürütülmeye devam edilmektedir. Tablo 2’de yer alan araştırma sonuçlarına göre, farklı bitki türlerinde hidrojel uygulamalarının su tutma kapasitesi, besin yarıyışlılığı, bitki büyümesi, verim ve kalite üzerinde önemli olumlu etkilere sahip olduğu görülmektedir. Narenciye, kavun, karpuz, muz, çilek, hıyar, domates ve üzüm

gibi meyve türlerinden süs bitkilerine kadar geniş bir yelpazede yapılan çalışmalarda; hidrojel uygulamalarının genellikle kök gelişimini, yaprak su potansiyelini, fotosentetik aktiviteyi, sürgün büyümesini ve meyve verimini arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca sulama aralıklarının uzaması, kuraklık koşullarında toprak neminin korunması ve su kullanım verimliliğinin artması gibi su yönetimi açısından kritik faydalar da öne çıkmaktadır. Bununla birlikte bazı çalışmalarda (örneğin mikorizal mantarlarla birlikte kullanıldığında) hidrojin çiçeklenme üzerine olumsuz etkiler yapabildiği de rapor edilmiştir. Genel olarak bakıldığında, hidrojel uygulamalarının özellikle su kısıtlı bölgelerde bitki gelişimini ve verimliliği artıran etkili bir strateji olduğu ortaya konmaktadır.

#### 4. TOPRAKSIZ TARIMDA HİDROJEL KULLANIMI

Hidrojellerin değişik kaynaklarda verilen genel yararlarına bakıldığında; bu materyalin Dünya’da ve Türkiye’ de başta sebze ve süs bitkileri ile meyve üretiminde yaygın şekilde kullanılan örtaltı tarımı için de yeni bir materyal olabileceği değerlendirilmektedir. Hidrojellerin topraksız yetiştirme ortamlarının su tutma özelliklerini artırma amacına yönelik olarak araştırılmakta olduğunu belirten Singhal ve ark., (2023)’ne göre çevre sorunlarına artan ilgi nedeniyle biyolojik olarak parçalanabilen bu polimerler, tarımdaki olası ticari uygulamalar için gittikçe daha popüler hale gelmektedir. Tadevosyan ve ark., (2014), topraksız kültürde en önemli konulardan birinin, minimum su ve besin maddesi tüketimi ile bitki kökleri için en uygun koşulların yaratılması olduğunu ve su ve sulu çözeltileri emme ve tutma yeteneğine sahip olan süper emici polimerlerin bu amaca yönelik olarak üretimde kullanılabilmesinin yeni bir yaklaşım olduğunu belirtmiştir.

Topraksız kültür tekniğinin, toprağın olmadığı veya toprağın bitki yetiştiriciliği için uygun olmayacak derecede kireçli, tuzlu, taşlı ve kayalık olduğu alanlarda uygulanabilmesi gibi önemli avantajları bulunmaktadır (Pisciotta ve ark., 2022; Tangolar ve ark., 2022). Geleneksel tarım teknikleriyle karşılaştırıldığında topraksız tarım; arazi kullanımını, su tüketimini azaltmayı ve birim alandan verimi artırmayı amaçlamaktadır.

**Tablo 2.** Topraklı tarımda hidrojel uygulamalarına yönelik araştırma sonuçları

| Araştırmacılar                 | Bitki Türü                                      | Hidrojel/Polimer                             | Doz / Uygulama              | Büyüme Koşulları                                 | Önemli Bulgular                                                                                                                |
|--------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Arbona ve ark., (2005)         | Tatlı portakal ( <i>Citrus sinensis</i> L.)     | Stockosorb Agro                              | %0.2 ve %0.4                | 18–20 °C, %50–95 nem, fotoperiyot 16/8           | Substrat su içeriği, yaprak su potansiyeli, kök biyokütlesi ve CO <sub>2</sub> asimilasyonu artışı.                            |
| Pattanaik ve ark., (2015)      | Mandarin ( <i>Citrus reticulata</i> )           | Stockosorb® SAP                              | 0–120 g kg <sup>-1</sup>    | Kumlu-tınlı toprak, 25 °C                        | Büyüme artışı, sulama aralıklarının uzaması, toprak besin ve su tutma kapasitesi yükselmesi.                                   |
| Montesano ve ark., (2015)      | Hıyar ( <i>Cucumis sativus</i> L.)              | Biyolojik parçalanabilir SAP (selüloz bazlı) | 0–2.0 a/a                   | Kumlu toprak, 25 °C                              | Bitki boyu, taze ağırlık ve yaprak yüzey alanı artışı.                                                                         |
| Hernandez ve ark., (2017)      | Domates ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) | Cs-PVA + Cu nanopartiküllü hidrojel          | 0.02–10 mg                  | Sıcaklık 80 °C, %62 nem                          | Verim ve nutrasötik özelliklerde artış.                                                                                        |
| Gonzalez Gomez ve ark., (2017) | Karpuz ( <i>Citrullus lanatus</i> )             | Cs-PVA + Cu NP'ler                           | 1 g hidrojel + 0.4 mg Cu NP | Turba yosunu dolu fide tepsileri, 30 °C, %60 nem | Büyüme ve meyve üretiminde artış; sap uzunluğunda %7 yükselme.                                                                 |
| Singh ve ark., (2020)          | Çilek ( <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> )     | Pusa hidrojel + Cycocel/triakontanol         | 25–50 g                     | Kumlu-tınlı toprak                               | Çiçeklenme ve meyve verim artışı.                                                                                              |
| de Vasconcelos ve ark., (2020) | Kavun ( <i>Cucumis melo</i> L.)                 | SAP kompozit (poliakrilat + pirinç külü)     | 0–2.0 a/%a                  | Hindistan cevizi lifi + kumlu/killi toprak       | Kök uzunluğu ve fide gelişimi artışı; kuraklıkta toprak neminin korunması, sulama aralıklarının azalması.                      |
| Namvar ve ark., (2014)         | Üzüm (Kolahdary, Shastaros)                     | Potasyum poliakrilat                         | 110 kg/ha                   | Bağ denemesi (İran)                              | Verim, salkım ağırlığı, tane sayısı ve salkım uzunluğu artışı; en yüksek değer Kolahdary + hidrojel uygulamasında elde edildi. |

**Tablo 2’nin devamı**

| Araştırmacılar             | Bitki türü/çeşit                                                           | Hidrojel                                                   | Doz / Uygulama                          | Büyüme Koşulları                               | Önemli Bulgular                                                                                                                             |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chehab ve ark., (2017)     | Zeytin (Chemlali)                                                          | Stockosorb® 660                                            | 400 g/18 ağaç                           | Yağmurla beslenen koşullar (Tunus)             | Yaprak su durumu, stoma iletkenliği, sürgün büyümesi ve yağ verimi iyileşti; yağ kalitesi “sızma” sınıfında kaldı.                          |
| Kassim ve ark., (2017)     | Muz (Grand Nain)                                                           | 0–1500 g/yıl süper emici polimer                           | 0, 500, 1000 ve 1500 gr/yıl             | Kumlu toprak, farklı sulama seviyeleri (Mısır) | Büyüme parametreleri ve verim artışı; 1500 g/yıl + %87.5 sulama rejiminde en yüksek sonuçlar elde edildi; su kullanım verimliliği iyileşti. |
| Verma ve ark., (2019)      | Gerbera (Yosemite)                                                         | Pusa hidrojel (%0.25) + vermikompost (%20) + CPV substratı | %0.25                                   | Sera koşulları (Hindistan)                     | Büyüme, çiçek verimi, vazo ömrü artışı; su tüketiminde azalma.                                                                              |
| M’barki ve ark., (2019)    | Zeytin (Chemlali, Chetoui)                                                 | Stockosorb® 660 (60 g/saksı)                               | 3 g /L                                  | Sera, kuraklık stresi (Tunus)                  | Hidrojel uygulaması büyüme, pigmentler, fenolik bileşikler ve su içeriğinde artış; çeşide bağlı koruyucu etki sağlandı.                     |
| Rydlova ve Püschel, (2020) | Süs bitkileri ( <i>G. rigens</i> , <i>P. peltatum</i> , <i>P. zonale</i> ) | Su emici jel + mikorizal mantar                            | 1 kg ürün başına yaklaşık 65 g jel dozu | Sera, kuraklık stresi (Çekya)                  | Mikorizal mantarlar büyümeyi ve çiçeklenmeyi destekledi; hidrojel uygulaması ise çiçeklenmeyi azalttı.                                      |
| Sharma ve ark., (2022)     | Hıyar                                                                      | 5–10 g hidrojel + malç                                     | 0, 5 g ve 10 g SAP                      | Polyhouse koşulları (Hindistan)                | Malç + 10 g hidrojel + %25 nem kaybı uygulamasında bitki boyu, yaprak alanı, klorofil indeksi ve verim en yüksek oldu.                      |

Alshrouf (2017), hidroponik kültür sisteminde, geleneksel tarımdakine eşdeğer miktarda ürün üretmek için gereken suyun yaklaşık %5'inin kullanıldığını belirtmektedir. Yıllık tatlı suyun %70'inin tarımsal üretimde kullanıldığı dikkate alındığında (El Idrissi ve ark., 2023) topraksız tarımın faydaları açıkça görülmektedir. Topraksız tarım yetiştiriciliği, su ve arazi kullanımını en aza indirerek biyosferde dengenin yeniden sağlanmasına yardımcı olabilen yenilikçi bir yaklaşımdır.

Su tüketiminin her alanda dikkate alındığı günümüzde topraksız kültür sistemlerinin giderek yaygınlaştığı da göz önüne alındığında, bu kültürlerde istenilen verim ve kalitenin elde edilmesine paralel olarak su ve gübre tüketiminin kontrol altına alınması konusunda daha fazla araştırma yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bahçe bitkilerinde topraksız kültür çalışmalarında sulama suyu ve gübreler, üretim maliyetinin önemli iki girdisini oluşturmaktadır. Açıkta veya örtüaltında kontrollü koşullarda yalnızca hidrojel etkisinin incelendiği çalışmalar da oldukça sınırlı sayıdadır (Tablo 3).

Tablo 3'te verilen çalışmalar; topraksız tarımda hidrojel uygulamalarının bitki gelişimi, verim ve çevresel etkenlere karşı dayanıklılık üzerinde önemli etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Hıyar yetiştiriciliğinde zeolit ile birlikte kullanılan hidrojelin özellikle su tutma kapasitesini %2 düzeyinde artırdığı ve kısmi kök kuruluğu koşullarında en yüksek verim ve kaliteyi sağladığı belirlenmiştir. Domates fidelerinde yapılan çalışmalarda HydroSource'un, Agri-gel'e kıyasla daha yüksek su ve azot tutma kapasitesine sahip olduğu ve yaprak azot içeriğini artırdığı, ancak fide büyümesine doğrudan etki etmediği görülmüştür. Açık hava hidroponik koşullarında biber bitkisinde  $Ca^{2+}$  bazlı polimerin, radyonüklidlerin bitkide taşınım ve dağılımını değiştirerek özellikle  $^{90}Sr$  alımını azalttığı,  $^{137}Cs$  taşınımını artırdığı rapor edilmiştir. Domates yetiştiriciliğinde ise farklı ortam ve sulama stratejileriyle kullanılan GAM-sorb'un, özellikle hindistan cevizi lifi ve çeltik kabuğu karışımlarında günlük veya gün aşırı sulamayla en yüksek verimi sağladığı; daha uzun sulama aralıklarının ise çiçek ucu çürüklüğüne yol açtığı saptanmıştır. Yine domateste yapılan bir başka çalışmada süper emici polimer uygulamasının özellikle  $10\text{ g slab}^{-1}$  dozunda büyüme ve verimi artırdığı, aynı zamanda stres göstergelerini azalttığı belirlenmiştir. Genel olarak sonuçlar, hidrojel uygulamalarının

topraksız tarımda su ve besin yönetimini optimize ederek bitki performansını iyileştirdiğini göstermektedir.

**Tablo 3.** Topraksız tarımda hidrojel uygulamalarına yönelik araştırma sonuçları

| Araştırmacı                   | Bitki Türü                                      | Hidrojel / Polimer             | Doz / Uygulama                   | Büyüme Koşulları                                                               | Önemli Bulgular                                                                                                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gholamhoseini ve ark., (2018) | Hıyar ( <i>Cucumis sativus</i> L.)              | Zeolit + hidrojel              | %1 ve %2 (perlite karıştırılmış) | Serada, farklı sulama stratejileri                                             | %2 hidrojel + zeolit su tutma kapasitesini artırdı; kısmi kök kuruluğunda en yüksek verim ve kalite elde edildi.                    |
| Bres ve Weston (1993)         | Domates ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) | HydroSource, Agri-gel          | 1–3 g L <sup>-1</sup>            | Turba:Perlit:Vermikülit (1:1:1), serada                                        | HydroSource su ve N tutmada Agri-gel'den üstün bulunmuş; yaprak N içeriği artmış, fide büyümesi değişmemiştir.                      |
| Tadevosyan ve ark., (2014)    | Biber ( <i>Capsicum annuum</i> L.)              | Ca <sup>2+</sup> bazlı polimer | Farklı miktarlar                 | Açık hava hidropnik koşulları                                                  | Polimer, <sup>90</sup> Sr alımını azaltmış, <sup>137</sup> Cs taşınımını artırmış; radyonüklidlerin bitkide dağılımı etkilenmiştir. |
| Fernando ve ark., (2014)      | Domates ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) | GAM-sorb (SAP)                 | 3 g kg <sup>-1</sup>             | Hindistan cevizi lifi:Çeltik kabuğu (1:1, 1:2, 1:4) + farklı sulama aralıkları | 1:1 ortam + günlük/1 gün sulama en yüksek verimi (150 g/bitki) sağlamış; uzun aralıklar çiçek ucu çürüklüğü oluşturmuştur.          |
| Başak (2020)                  | Domates ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) | Süper emici polimer            | 0, 5, 10 g slab <sup>-1</sup>    | Hindistan cevizi torfu slablarında                                             | 10 g SAP en iyi sonucu vermiş; büyüme ve verim artmış, stres göstergeleri azalmıştır.                                               |

Topraklı ve topraksız tarımda hidrojel uygulamalarına yönelik çalışmalar karşılaştırıldığında, her iki sistemde de hidrojin temel katkısının suyun tutulması ve bitki büyümesinin desteklenmesi olduğu görülmektedir. Topraklı tarımda yapılan araştırmalar; özellikle turuncgil, sebze ve meyve türlerinde



hidrojelin kök gelişimini, bitki biyokütlesini, su-besin kullanım etkinliğini ve kuraklık koşullarına dayanıklılığı artırdığını ortaya koymuştur. Buna karşın topraksız tarımda hidrojel uygulamaları daha çok su yönetimi, besin tutma kapasitesi ve özel koşullarda (örneğin, radyonüklid taşınımı, stres azaltımı, sulama aralıklarının düzenlenmesi) bitki tepkilerinin incelenmesine odaklanmıştır. Topraklı sistemlerde sulama aralıklarının uzaması ve ürün veriminde artış ön planda iken, topraksız sistemlerde hidrojelin farklı yetiştirme ortamları ve sulama stratejileriyle etkileşimi belirleyici olmaktadır. Genel olarak hidrojelin her iki yetiştiricilik yönteminde de su verimliliğini artırarak büyüme ve kaliteyi desteklediği; ancak topraksız tarımda daha kontrollü, spesifik ve ortam koşullarına bağlı etkiler gösterdiği söylenebilir.

### 3. SONUÇ

Sonuç olarak, küresel ölçekte artan kuraklık ve su kıtlığı, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği tehdit eden en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Bu bağlamda süper emici hidrojeller hem topraklı hem de topraksız tarım sistemlerinde su ve besin kullanım etkinliğini artırarak önemli bir çözüm potansiyeli sunmaktadır. Topraklı tarımda yapılan çalışmalar, hidrojellerin özellikle kök gelişimi, yaprak su potansiyeli, biyokütle artışı ve sulama aralıklarının uzatılması gibi olumlu etkilerini ortaya koyarken; topraksız tarımda ise su yönetimi, besin tutma kapasitesi ve stres azaltımı üzerinde belirgin katkılar sağladığı görülmektedir. Ayrıca, doğal bazlı ve biyolojik olarak parçalanabilir hidrojel formülasyonlarının geliştirilmesi, çevre dostu ve ekonomik açıdan daha avantajlı bir yaklaşım sunmaktadır. Tüm bu bulgular ışığında, hidrojellerin farklı tarımsal sistemlerde yaygın kullanımı, su kaynaklarının daha etkin değerlendirilmesine, verim ve kalite artışına, dolayısıyla da tarımın sürdürülebilirliğine katkı sağlayacak umut verici bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Abdallah, A. (2019). Influence of hydrogel type and concentration, and water application rate on some hydraulic properties of a sandy soil. *Alexandria Science Exchange Journal*, 40(April-June), 347-360.
- AbdAllah, A.M., Mashaheet, A.M. & Burkey, K.O. (2021). Super absorbent polymers mitigate drought stress in corn (*Zea mays* L.) grown under rainfed conditions. *Agricultural Water Management*, 254, 106946.
- Ahmed, E.M. (2015). Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *Journal Of Advanced Research*, 6(2), 105-121.
- AlShrouf, A. (2017). Hydroponics, aeroponic and aquaponic as compared with conventional farming. *Am. Sci. Res. J. Eng. Technol. Sci*, 27(1), 247-255.
- Anupama, Singh, M.C., Kumar, R., Parmar, B.S. & Kumar, A., 2007. Performance of a newsuperabsorbent polymer on seedling and post planting growth and water use pattern of chrysanthemum grown under controlled environment. *Acta Hort*. 742, 43-50.
- Arbona, V., Iglesias, D.J., Jacas, J., Primo-Millo, E., Talon, M. & Gómez-Cadenas, A. (2005). Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. *Plant and Soil*, 270(1), 73-82.
- Barrett, G.E., Alexander, P.D., Robinson, J.S. & Bragg, N.C. (2016). Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems—A review. *Scientia horticultruræ*, 212, 220-234.
- Başak, H. (2020). The effects of super absorbent polymer application on the physiological and biochemical properties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants grown by soilless agriculture technique. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(4), 5907-5921.
- Beaumont, M., Remy, T., Grace, V., Dennis, N., Aurelie, R., Ronan, P., Prasad, V.S. & Aurelien, F. (2021). Hydrogel-forming algae polysaccharides: From seaweed to biomedical applications. *Biomacromolecules*, 22(3), 1027-1052.
- Bharskar, G. (2020). A review on hydrogel. *World J. Pharm. Pharm. Sci.*, 9(7), 1288-1298.
- Bres, W. & Weston, L.A. (1993). Influence of gel additives on nitrate, ammonium, and water retention and tomato growth in a soilless medium. *HortScience*, 28(10), 1005-1007.

- Cerasola, V.A., Perlotti, L., Pennisi, G., Orsini, F. & Gianquinto, G. (2022). Potential use of superabsorbent polymer on drought-stressed processing tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in a Mediterranean climate. *Horticulturae*, 8(8), 718.
- Chaturvedi, S., Kulshrestha, S., Bhardwaj, K. & Jangir, R. (2021). A review on properties and applications of xanthan gum. *Microbial polymers: applications and ecological perspectives*, 87-107.
- Chehab, H., Tekaya, M., Mechri, B., Jemai, A., Guiaa, M., Mahjoub, Z., ... & del Giudice, T. (2017). Effect of the Super Absorbent Polymer Stockosorb® on leaf turgor pressure, tree performance and oil quality of olive trees cv. Chemlali grown under field conditions in an arid region of Tunisia. *Agricultural Water Management*, 192, 221-231.
- Choudhary, S.K., Jat, A.L., Upadhyay, P.K. & Singh, R.K. (2014). Hydrogel: The potentialities to produce more crops per drop in agriculture. *Popular Kheti*, 2(4), 154-8.
- Dai, L., Zhu, W., Lu, J., Kong, F., Si, C. & Ni, Y. (2019). A lignin-containing cellulose hydrogel for lignin fractionation. *Green Chemistry*, 21(19), 5222-5230.
- de Vasconcelos, M.C., Gomes, R.F., Sousa, A.A., Moreira, F.J., Rodrigues, F. H., Fajardo, A.R. & Neto, L.G.P. (2020). Superabsorbent hydrogel composite based on starch/rice husk ash as a soil conditioner in melon (*Cucumis melo* L.) seedling culture. *Journal of Polymers and the Environment*, 28, 131-140.
- Dehkordi, D.K. (2016). The effects of Superabsorbent polymers on soils and plants. *J. Trop. Agric. Sci.* 39, 267-298.
- Dergunov, S.A. & Mun, G.A. (2009).  $\gamma$ -irradiated chitosan-polyvinyl pyrrolidone hydrogels as pH-sensitive protein delivery system. *Radiation Physics and Chemistry*, 78(1), 65-68.
- El Idrissi, A., Dardari, O., Metomo, F.N.N.N., Essamlali, Y., Akil, A., Amadine, O., Aboulhrouz, S. & Zahouily, M. (2023). Effect of sodium alginate-based superabsorbent hydrogel on tomato growth under different water deficit conditions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253(5), 127229.
- Elshafie, H.S. & Camele, I. (2021). Applications of absorbent polymers for sustainable plant protection and crop yield. *Sustainability*, 13(6), 3253.

- Fernando, T.N., Aruggoda, A.G.B., Disanayaka, C.K. & Kulathunge, S. (2014). Evaluating the effects of different watering intervals and prepared soilless media incorporated with a best weight of super absorbent polymer (SAP) on growth of tomato. *Journal of Engineering and Technology of the Open University of Sri Lanka (JET-OU SL)*, 2(2), 1-14.
- Foyt, D.A., Norman, M.D., Yu, T.T. & Gentleman, E. (2018). Exploiting advanced hydrogel technologies to address key challenges in regenerative medicine. *Advanced Healthcare Materials*, 7(8), 1700939.
- Friuli, M., Masciullo, A., Blasi, F.S., Mita, M., Corbari, L. & Surano, I. (2021). A 4.0 Sustainable Aquaponic System Based on the Combined Use of Superabsorbing Natural Hydrogels and Innovative Sensing Technologies for the Optimization of Water Use. *2021 IEEE 6th International Forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI)*, 6-9 September 2021, Naples, Italy, pp.429-434.
- Gholamhoseini, M., Habibzadeh, F., Ataei, R., Hemmati, P. & Ebrahimian, E. (2018). Zeolite and hydrogel improve yield of greenhouse cucumber in soil-less medium under water limitation. *Rhizosphere*, 6, 7-10.
- Gonzalez Gomez, H., Ramirez Godina, F., Ortega Ortiz, H., Benavides Mendoza, A., Robledo Torres, V. & Cabrera De la Fuente, M. (2017). Use of chitosan-PVA hydrogels with copper nanoparticles to improve the growth of grafted watermelon. *Molecules*, 22(7), 1031.
- Gradinaru, V., Treweek, J., Overton, K. & Deisseroth, K. (2018). Hydrogel-tissue chemistry: principles and applications. *Annual review of biophysics*, 47(1), 355-376.
- Guilherme, M.R., Aouada, F.A., Fajardo, A.R., Martins, A.F., Paulino, A.T., Davi, M.F., ... & Muniz, E.C. (2015). Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review. *European Polymer Journal*, 72, 365-385.
- Hernandez, H.H., Benavides-Mendoza, A., Ortega-Ortiz, H., Hernandez-Fuentes, A.D. & Juarez-Maldonado, A. (2017). Cu Nanoparticles in chitosan-PVA hydrogels as promoters of growth, productivity and fruit quality in tomato. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(8), 573-580.

- Huang, Z., Liu, S., Zhang, B. & Wu, Q. (2014). Preparation and swelling behavior of a novel self-assembled  $\beta$ -cyclodextrin/acrylic acid/sodium alginate hydrogel. *Carbohydrate Polymers*, 113, 430-437.
- Hüettermann, A., Orikiriza, L.J. & Agaba, H. (2009). Application of superabsorbent polymers for improving the ecological chemistry of degraded or polluted lands. *Clean-Soil Air Water* 37, 517-526.
- İslam, M.R., Hu, Y., Mao, S., Jia, P., Eneji, A.E. & Xue, X. (2011). Effects of water-saving superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in corn (*Zea mays* L.) under drought stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(5), 813-819.
- Jamal, A., Hussain, S., Hussain, S., Matloob, A., Awan, T.H., Irshad, F., ... & Waraich, E. (2022). Super absorbent polymer application under suboptimal environments: implications and challenges for marginal lands and abiotic stresses. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(5), 662-676.
- Kassim, F.S., El-Koly, M.F. & Hosny, S.S. (2017). Evaluation of super absorbent polymer application on yield, and water use efficiency of grand nain banana plant. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 6(1), 188-198.
- Khodadadi Dehkordi, D. (2016). The Effects of Superabsorbent Polymers on Soils and Plants. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 39(3), 267-298.
- Kılınç, E.A., Tanik, A., Hanedar, A. & Gorgun, E. (2023). Climate change adaptation exertions on the use of alternative water resources in Antalya, Türkiye. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1080092.
- Kim, J.H., Oh, D.K., & Yoon, Y.H. (2013). Effects of super absorbent polymer on the growth of vine plants. *Journal of Environmental Science International*, 22(7), 801-810.
- Kutsal, C. (2020). *Taşkın Koruma Tesislerinde Karşılaşılan Problemler*, Doktora Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Ledward, D.A. (2000). Gelatin. In G.O. Phillips & P.A. Williams (Eds.) *Handbook of Hydrocolloids* (pp.67-86), Woodhead Publishing, UK.
- Li, J., Jia, X. & Yin, L. (2021). Hydrogel: Diversity of structures and applications in food science. *Food Reviews International*, 37(3), 313-372.

- Liao, R., Wu, W., Ren, S. & Yang, P. (2016). Effects of superabsorbent polymers on the hydraulic parameters and water retention properties of soil. *Journal of Nanomaterials*, 2016(1), 5403976
- Liu, Y., Wang, J., Chen, H. & Cheng, D. (2022). Environmentally friendly hydrogel: A review of classification, preparation and application in agriculture. *Science of the Total Environment*, 846, 157303.
- M'barki, N., Aissaoui, F., Chehab, H., Dabbaghi, O., del Giudice, T., Boujnah, D. & Mechri, B. (2019). Cultivar dependent impact of soil amendment with water retaining polymer on olive (*Olea europaea* L.) under two water regimes. *Agricultural Water Management*, 216, 70-75.
- Ma, L., Chai, C., Wu, W., Qi, P., Liu, X. & Hao, J. (2023). Hydrogels as the plant culture substrates: A review. *Carbohydrate Polymers*, 120544.
- Madramootoo, C.A., Jain, A., Oliva, C., Wang, Y. & Abbasi, N.A. (2023). Growth and yield of tomato on soil amended with waste paper based hydrogels. *Scientia Horticulturae*, 310, 111752.
- Malik, S., Chaudhary, K., Malik, A., Punia, H., Sewhag, M., Berkesia, N., ... & Boora, K. (2022). Superabsorbent Polymers as a Soil Amendment for Increasing Agriculture Production with Reducing Water Losses under Water Stress Condition. *Polymers*, 15(1), 161.
- Mandal, U.K., Sharma, K.L., Venkanna, K., Korwar, G.R., Reddy, K.S., Reddy, N.N., ... & Yadaiah, P. (2015). Evaluating hydrogel application on soil water availability and crop productivity in semiarid tropical red soil. *Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Dev.*, 30(2), 1-10.
- McClements, D.J. (Ed.). (2007). *Understanding and controlling the microstructure of complex foods*. Elsevier.
- Miljković, V., Gajić, I. & Nikolić, L. (2021). Waste materials as a resource for production of cmc superabsorbent hydrogel for sustainable agriculture. *Polymers*, 13(23), 4115.
- Montesano, F.F., Parente, A., Santamaria, P., Sannino, A. & Serio, F. (2015). Biodegradable superabsorbent hydrogel increases water retention properties of growing media and plant growth. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 451-458.
- Namvar, H., Asgharzade, A., Babaeian, M. & Hosseinzade, E. (2014). The effects of superabsorbent polymer on yield and yield component of two grape varieties. *International Journal of Biosciences*, 4(4), 18-23.

- Nassaj-Bokharaei, S., Motesharezedeh, B., Etesami, H. & Motamedi, E. (2021). Effect of hydrogel composite reinforced with natural char nanoparticles on improvement of soil biological properties and the growth of water deficit-stressed tomato plant. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 223, 112576.
- Neethu, T.M., Dubey, P.K. & Kaswala, A.R. (2018). Prospects and applications of hydrogel technology in agriculture. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 7(5), 3155-3162.
- Ni, B., Liu, M. & Lü, S. (2009). Multifunctional slow-release urea fertilizer from ethylcellulose and superabsorbent coated formulations. *Chemical Engineering Journal*, 155(3), 892-898.
- Park, S. & Kim, Y.R. (2021). Clean label starch: production, physicochemical characteristics, and industrial applications. *Food Science and Biotechnology*, 30(1), 1-17.
- Patra, S.K., Poddar, R., Brestic, M., Acharjee, P.U., Bhattacharya, P., Sengupta, S., ... & Hossain, A. (2022). Prospects of hydrogels in agriculture for enhancing crop and water productivity under water deficit condition. *International Journal of Polymer Science*, 2022(1), 4914836.
- Pattanaaik, S.K., Wangchu, L., Singh, B., Hazarika, B.N., Singh, S.M. & Pandey, A.K. (2015). Effect of hydrogel on water and nutrient management of Citrus reticulata. *Research on Crops*, 16(1), 98-103.
- Pisciotta, A., Barone, E., & Di Lorenzo, R. (2022). Table-grape cultivation in soil-less systems: A review. *Horticulturae*, 8(6), 553.
- Rosiak, J.M. & Yoshii, F. (1999). Hydrogels and their medical applications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 151(1-4), 56-64.
- Rydlova, J. & Püschel, D. (2020). Arbuscular mycorrhiza, but not hydrogel, alleviates drought stress of ornamental plants in peat-based substrate. *Applied Soil Ecology*, 146, 103394.
- Sadeghi, M. & Hosseinzadeh, H. (2008). Synthesis and superswelling behavior of carboxymethylcellulose-poly (sodium acrylate-co-acrylamide) hydrogel. *Journal of Applied Polymer Science*, 108(2), 1142-1151
- Sahmat, S.S., Rafii, M.Y., Oladosu, Y., Jusoh, M., Hakimian, M. & Mohidin, H. (2022). A systematic review of the potential of a dynamic hydrogel as a substrate for sustainable agriculture. *Horticulturae*, 8(11), 1026.

- Santos, S.P., Kurniawan, A., Soetaredjo, F.E., Cheng, K.C., Putro, J.N., Ismadji, S. & Ju, Y.H. (2019). Eco-friendly cellulose–bentonite porous composite hydrogels for adsorptive removal of azo dye and soilless culture. *Cellulose*, 26, 3339-3358.
- Satriani, A., Catalano, M. & Scalcione, E. (2018). The role of superabsorbent hydrogel in bean crop cultivation under deficit irrigation conditions: A case-study in Southern Italy. *Agricultural Water Management*, 195, 114-119.
- Sharma, P., Bisen, B.P., Tiwari, A. & Rai, H.K. (2022). Response of super absorbent polymer and mulching on morphophysiological parameter and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *The Pharma Innovation Journal*, 11(12), 2681-2686.
- Shoulders, M.D. & Raines, R.T. (2009). Collagen structure and stability. *Annual review of biochemistry*, 78(1), 929-958.
- Singh, N., Agarwal, S., Jain, A. & Khan, S. (2021). 3-Dimensional cross linked hydrophilic polymeric network “hydrogels”: An agriculture boom. *Agricultural Water Management*, 253, 106939.
- Singh, S., Mishra, S., Jamwal, S.S. & Bahadur, V. (2020). Effect of pusa hydrogel and plant growth regulators on vegetative growth, flowering and fruiting of strawberry (*Fragaria x ananassa* Dutch) cv. Chandler. *Int. Research Journal of Pure & Applied Chemistry*, 21(6), 17-24.
- Singhal, S., Singh, A. & Borah, N. (2023). Exploring the Potential of Biodegradable Superabsorbent Hydrogel as a Sustainable Solution for Water Management in Agriculture. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 23(2), 271-279.
- Suresh, R., Prasher, S.O., Patel, R.M., Qi, Z., Elsayed, E., Schwinghamer, T. & Ehsan, A.M. (2018). Super absorbent polymer and irrigation regime effects on growth and water use efficiency of container-grown cherry tomatoes. *Transactions of the ASABE*, 61(2), 523-531.
- Sze, J.H., Brownlie, J.C. & Love, C.A. (2016). Biotechnological production of hyaluronic acid: a mini review. *3 Biotech*, 6(1), 1-9.
- Tadevosyan, A.H., Mayrapetyan, S.K., Aleksanyan, J.S., Ghalachyan, L.M., Stepanyan, B.T. & Tovmasyan, A.H. (2014). Influence of superabsorbent polymers on the productivity of pepper under soilless culture. *Acta Hortic.*, 1033, 25-30.



- Tangolar, S., Tangolar, S., Turan, M., Atalan, M. & Ada, M. (2022). The Effects of Different Substrates with Chemical and Organic Fertilizer Applications on Vitamins, Mineral, and Amino Acid Content of Grape Berries from Soilless Culture. In M. Turan, S. Argin, E. Yildirim & A. Güneş (Eds.) *Soilless Culture* (pp.1-23), IntechOpen.
- Tomaskova, I., Svatos, M., Macku, J., Vanicka, H., Resnerova, K., Cepl, J., ... & Dohrenbusch, A. (2020). Effect of different soil treatments with hydrogel on the performance of drought-sensitive and tolerant tree species in a semi-arid region. *Forests*, 11(2), 211.
- Verma, A.K., Sindhu, S.S., Singh, A., Kumar, A., Singh, A., & Chauhan, V.B.S. (2019). Conditioning effects of biodegradable superabsorbent polymer and vermi-products on media properties and growth of gerbera. *Ecological Engineering*, 132, 23-30.
- Wichterle, O. & Lim, D. (1960). Hydrophilic gels for biological use. *Nature*, 185(4706), 117-118.
- Yağmur, B. & Okur, B. (2009). Bitkisel Üretimde Termal Suların Kullanım Olanakları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(2), 123-128.
- Yang, F., Cen, R., Feng, W., Liu, J., Qu, Z. & Miao, Q. (2020). Effects of superabsorbent polymer on soil remediation and crop growth in arid and semi-arid areas. *Sustainability*, 12(18), 7825.
- Yang, W., Li, P., Guo, S., Song, R. & Yu, J. (2019). Co-application of soil superabsorbent polymer and foliar fulvic acid to increase tolerance to water deficit maize: photosynthesis, water parameters, and proline. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 79(3), 435-446.
- Yuk, H., Lu, B. & Zhao, X. (2019). Hydrogel bioelectronics. *Chemical Society Reviews*, 48(6), 1642-1667.
- Zhang, J., Wang, Q. & Wang, A. (2007). Synthesis and characterization of chitosan-g-poly (acrylic acid) /attapulgit superabsorbent composites. *Carbohydrate Polymers*, 68(2), 367-374.

## BÖLÜM 4

### BAHÇE BİTKİLERİNDE ONARICI TARIM YAKLAŞIMLARI

Prof. Dr. Gökhan BÜYÜK<sup>1\*</sup>,  
Prof. Dr. Erhan AKÇA<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17572049>

<sup>1</sup>Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, Adıyaman, Türkiye.  
gbuyuk@adiyaman.edu.tr, Orcid: 0000-0002-0522-3188

<sup>2</sup>Adıyaman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Adıyaman, Türkiye.  
eakca@adiyaman.edu.tr, Orcid: 0000-0001-8988-4196

\*Sorumlu yazar: gbuyuk@adiyaman.edu.tr



## 1. GİRİŞ

Tarımsal üretim; artan küresel gıda, lif (giyecek, barınma, halat vb.) ve yakıt talebini karşılama yeteneğini tehdit eden karmaşık bir zorluklar ağıyla karşı karşıyadır. Bu tehditlerin toprak kaynaklarını bozması özellikle kritik bir endişe olarak öne çıkmaktadır. Çünkü dünya gıda üretiminin yüzde 95'i doğrudan veya dolaylı olarak topraklara bağlıdır. Örneğin bitki büyümesi için gerekli olan 15 besin maddesinden herhangi birinin eksikliği, ürün verimini sınırlayabilir. Bununla birlikte 2050 yılına kadar, yalnızca gıda talebini karşılamak için tarımsal üretimin küresel olarak %60, gelişmekte olan ülkelerde ise neredeyse %100 oranında artması gerektiği ileri sürüldüğünden, topraklara olan baskının daha da artacağı şüphesizdir. Dünya toprak kaynaklarının sınırına gelmiş durumdadır ve bir santimetre toprak oluşumunun yüzlerce yıl sürdüğü göz önüne alınırsa sürdürülebilir toprak yönetimi ön plana çıkmaktadır. Sürdürülebilir arazi yönetim ile şu anki üretimin yüzde 58'e kadar arttırılabileceği hesaplanmıştır (FAO, 2015). Bu nedenle küresel ve yerel ölçekte tarımın sürdürülebilir biçimde devamlılığı toprak sağlığına bağlıdır. Sürdürülemez tarım uygulamaları, ki şu an Dünya topraklarının %75'inin farklı düzeylerde bozunduğu bilinmektedir, iklim değişikliği ve diğer insan kaynaklı faktörler, yaygın toprak bozulmasına yol açarak tarımsal sistemlerin uzun vadeli verimliliğini ve dayanıklılığını tehlikeye atmaktadır. Topraklar üzerine olan bu baskıyı ve sorunları gidermek için organik tarım, ekolojik tarım, iyi tarım ve onarıcı tarım vb. tarımsal uygulamalar üretilmiş ve uygulanmaktadır. Söz konusu uygulamaların adları farklı olsa da çok sayıda ortak noktaları bulunmaktadır. Bu bölümde hemen hemen tüm sürdürülebilir tarım uygulamalarını içeren onarıcı tarım açıklanmıştır.

### 1.1. Onarıcı Tarımın Tanımı ve İlkeleri

Onarıcı tarım; toprağın sağlığını iyileştirmeye, biyoçeşitliliği artırmaya, su döngüsünü onarmaya ve karbonu atmosferden toprağa geri döndürmeye odaklanan, sürdürülebilirliğin ötesine geçen bir tarım yöntemidir. Amaç sadece mevcut kaynakları korumak değil, aynı zamanda ekosistemleri etkin biçimde iyileştirmektir.

Onarıcı tarım, tarım uygulamaları yoluyla toprağın yapısını, verimliliğini, su tutma kapasitesini ve karbon tutma potansiyelini artıran, doğayla uyumlu bir üretim biçimidir. Bu yaklaşım, çiftliklerin ekolojik,

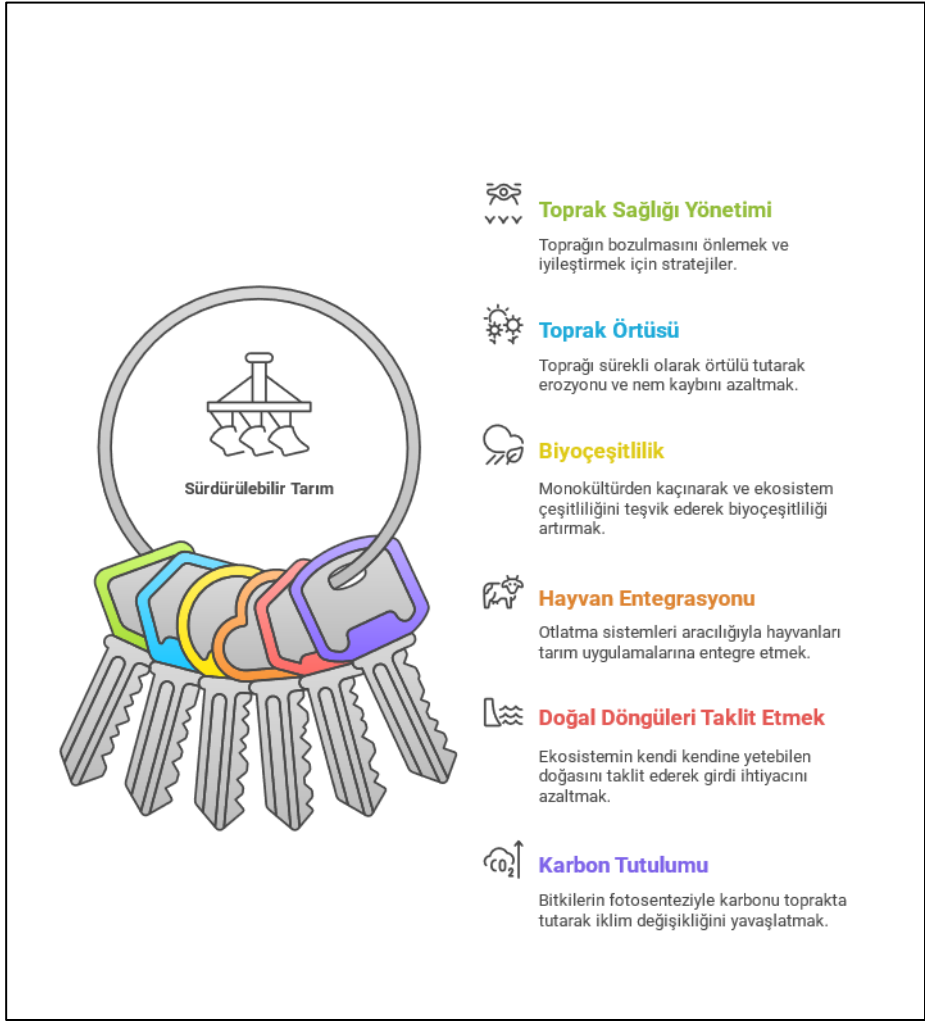
ekonomik ve sosyal olarak sürdürülebilir olmasını hedefleyen onarıcı tarımın temel ilkeleri aşağıdaki biçimde listelenebilir (Şekil 1);

1. Toprağın Bozulmasını Önlemek ve İyileştirmek
  - Sürme işleminin azaltılması (sıfır işleme veya minimum toprak işleme)
  - Doğal kompost, biyolojik gübre ve organik madde kullanımı
  - Toprak örtüsünün korunması (örneğin malçlama, örtü bitkileri)
2. Toprağı Sürekli Örtülü Tutmak
  - Örtü bitkileri kullanarak çıplak toprağın önlenmesi
  - Erozyonu ve nem kaybını azaltmak
3. Biyoçeşitliliği Artırmak
  - Monokültürden kaçınma
  - Polikültür sistemleri, döngüsel ekim ve ekosistem çeşitliliği
  - Yerli bitkiler ve tozlayıcılar için yaşam alanları sağlamak
4. Hayvan Entegrasyonu
  - Otlatma sistemleri ile hayvanların doğal döngülere katılması
  - Doğru yönetilen otlatma ile toprak verimliliğinin artırılması
5. Doğal Döngüleri Taklit Etmek
  - Ekosistemin kendi kendine yetebilen doğasını örnek almak
  - Girdi ihtiyacını azaltmak (dışardan gübre, pestisit vs.)
6. Karbon Tutulumu ve İklimle Uyum
  - Bitkilerin fotosenteziyle karbonu toprakta tutma
  - İklim değişikliğini yavaşlatmaya katkı sağlama

Onarıcı tarımın faydaları ise aşağıdaki altı temel ana başlıkta toplanabilir.

Bunlar kısaca;

- Toprak sağlığının iyileşmesi,
- Su tutma kapasitesinde artış,
- Karbon emisyonlarının azaltılması,
- Biyoçeşitliliğin korunması,
- Çiftçinin üretkenliğinin ve gelirinin uzun vadede artması,
- Gıda güvenliği ve besin değerinin artması olarak ifade edilebilir.



Şekil 1. Onarıcı tarımın ilkeleri

## 2. BAHÇE BİTKİLERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK SORUNLARI

Günümüz tarımsal üretim sistemlerinde sürdürülebilirlik, sadece çevresel değil aynı zamanda ekonomik ve sosyal boyutlarıyla da değerlendirilen çok yönlü bir kavramdır. Özellikle bahçe bitkileri üretimi, tarımın yoğun emek, su ve girdi gerektiren alt dallarından biri olarak sürdürülebilirlik sorunlarına oldukça açıktır. Dünya genelinde artan gıda talebi ve iklim değişikliği baskısı, bu ürün grubunun üretim biçimlerinin yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır (FAO, 2021).

### 2.1. Kimyasal Girdi Bağımlılığı

Bahçe bitkileri üretiminde verimi artırmak amacıyla yüksek oranda kimyasal gübre ve pestisit kullanılmaktadır. Ancak bu uygulamalar uzun vadede toprak mikrobiyal yapısını bozmakta, su kaynaklarını kirletmekte ve gıda güvenliğini tehdit etmektedir (Altieri ve Nicholls, 2020). Türkiye’de özellikle seracılıkta görülen nitrat birikimi, bu sorunun halk sağlığına da yansıyan bir boyut kazandığını göstermektedir (Öztürk ve Yıldız, 2018).

### 2.2. Su Yönetimi Sorunları

Bahçe bitkileri, yüksek su ihtiyacı olan ürünlerdir. Geleneksel sulama yöntemleriyle yapılan üretim, su kaynaklarının verimsiz kullanımına yol açmaktadır. Kuraklık riskinin arttığı bölgelerde bu durum üretim devamlılığını tehlikeye atmaktadır (Kijne ve ark., 2003). Türkiye’de tarımda kullanılan suyun yaklaşık %77’si sulamada tüketilmektedir, bu da tarımın su kaynakları üzerindeki baskısını göstermektedir (TÜİK, 2022). Bu nedenle kuru tarım tekniklerinin genel tarım içinde yer alması sağlanmalıdır.

### 2.3. İklim Değişikliğinin Etkileri

Artan sıcaklıklar, değişen yağış rejimleri ve ekstrem hava olayları, bahçe bitkilerinin gelişim dönemlerini olumsuz etkilemekte; don zararları, çiçeklenme bozuklukları ve zararlı popülasyonlarında artış gibi sorunlara neden olmaktadır (Hatfield ve Prueger, 2015). Bu durum üretimde öngörülemezliğe ve gelir kaybına yol açmaktadır. Örneğin Güney Avrupa’da (İtalya, İspanya, Yunanistan) yıllık soğuklama düzeyinin %30 azalması beklenmektedir (Fernandez ve ark., 2023). Bu durumun Türkiye içinde geçerli olduğu varsayıldığında; antepfıstığı ve benzeri türlerin yetiştiriciliğinde ciddi kayıpların ortaya çıkması muhtemeldir.

### 2.4. Sosyo-Ekonomik Sorunlar

Küçük ölçekli üreticiler, sürdürülebilir tarım uygulamalarına geçişte bilgi, sermaye ve teknik destek eksikliği yaşamaktadır. Ayrıca tarımsal örgütlenmenin yetersiz oluşu, bu üreticilerin pazarlama ve girdi temini gibi konularda zayıf kalmasına neden olmaktadır (Açıkgöz, 2020). Bu durum, sürdürülebilir üretim modellerinin yaygınlaştırılmasının önünde önemli bir engel oluşturmaktadır.

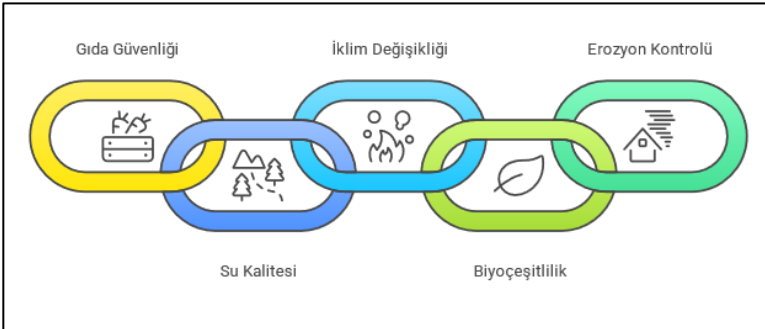
Bahçe bitkilerinde sürdürülebilirliğin sağlanması; yalnızca çevresel risklerin azaltılmasıyla değil, aynı zamanda üretici refahının artırılması ve kırsal kalkınmanın desteklenmesiyle mümkündür. Bu bağlamda aşağıdaki öneriler dikkate alınmalıdır:

- Organik ve onarıcı tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması,
- Damla sulama ve yağmurlama gibi modern sulama tekniklerinin teşvik edilmesi,
- Yerel ve dayanıklı türlerin kullanımıyla biyoçeşitliliğin artırılması,
- Küçük üreticilere yönelik eğitim ve finansman desteklerinin artırılması,
- Tarımsal üretimde iklim adaptasyon stratejilerinin uygulanması.

Bu yaklaşımlar, bahçe bitkileri üretiminde uzun vadeli sürdürülebilirliği sağlamak adına bütüncül bir yol haritası sunmaktadır.

### 3. TOPRAK SAĞLIĞI VE YÖNETİMİ

Toprak sağlığı, toprağın bitki ve hayvan yaşamını destekleme, su ve besin maddelerini filtreleme ve depolama, karbon depolama ve iklim değişikliğini hafifletme gibi çeşitli ekolojik işlevleri yerine getirme yeteneğidir. Sağlıklı toprak, sadece bitki büyümesi için bir ortam sağlamakla kalmaz, aynı zamanda su kalitesini iyileştirir, erozyonu önler ve biyoçeşitliliği destekler (Şekil 2). Toprak sağlığı ile gıda üretimi güven altına alınmış olur çünkü sağlıklı topraklar, daha yüksek verimli ve besleyici bitkiler yetiştirme potansiyeline sahiptir. Bu durum, gıda güvenliğinin sağlanması için kritik öneme sahiptir. Sağlıklı toprak ile su kalitesi de güvence altına alınmış olmaktadır. Sağlıklı topraklar, suyu filtreleyerek ve kirleticileri tutarak su kalitesini iyileştirir. Ayrıca, temiz su kaynaklarının korunması için vazgeçilmez bir unsurdur.



Şekil 2. Sağlıklı toprakların sağladığı yararlar



Günümüzün en ciddi çevre sorunu olan iklim değişikliği ile mücadelede, sağlıklı topraklar çok önemli düzeyde katkı yapmaktadırlar. Topraklar, büyük miktarda karbon depolayabilir. Sağlıklı topraklar, daha fazla karbon depolayarak iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Ekosistem hizmetlerinin devamlılığında biyoçeşitlilik alternatifi olmayan hizmetleri yerine getirmektedir. Örneğin tozlaşma (polinasyon) meyve oluşum sürecinin temelini oluşturmaktadır. 2020 yılında enflasyona göre düzeltilmiş tarımsal üretim tozlaşma hizmetinin tahmini küresel değerlerinin, yıllık 195 milyar ABD Doları ile 387 milyar ABD Doları arasında değiştiği hesaplanmıştır (Porto ve ark., 2020). Sağlıklı topraklar; çeşitli mikroorganizmalar, bitkiler ve hayvanlar için uygun bir yaşam alanı sağlar. Sağlıklı toprakların diğer bir yararı da toprakların bozunmasında son derece etkin olan erozyondan koruma sağlamasıdır. Sağlıklı topraklar, yüksek organik madde içeriği nedeniyle daha iyi bir yapıya sahiptir ve erozyona karşı daha dirençlidir. Güçlü yapılı topraklar ise yağışlarla gelen suyun yüzey akışın geçmeden toprağa sızması ve agregat oluşumu ile rüzgârın hareket ettiremeyeceği parçacıklar oluşturacağından su ve rüzgâr ile taşınmaya dayanıklıdır.

### 3.1. Organik Madde Döngüsü

Toprak organik maddesi, tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin temel yapı taşlarından biridir. Organik madde; bitki ve hayvan artıklarının toprakta ayrışmasıyla oluşan, karbon açısından zengin, mikrobiyal aktiviteyi destekleyen bir toprak bileşenidir. Özellikle bahçe tarımı gibi yoğun üretimin yapıldığı sistemlerde, toprak organik maddesinin dengeli bir biçimde döngüye sokulması hem toprak sağlığının korunması hem de ürün verimliliğinin devamlılığı açısından kritik bir öneme sahiptir (Lal, 2004).

### 3.2. Organik Madde Döngüsünün Tanımı ve Bileşenleri

Organik madde döngüsü, tarımsal ekosistemlerde canlı veya cansız organik materyallerin üretim, ayrışma, mineralizasyon ve humifikasyon süreçlerinden geçerek tekrar toprağa ve bitkilere kazandırılmasıdır. Bu döngü, başta bitki artıkları, hayvan gübresi, yeşil gübreleme materyalleri ve kompost olmak üzere çeşitli organik kaynakların toprağa uygulanmasıyla başlar (Palm ve ark., 2001).

Toprağa eklenen organik materyaller, mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak hem besin elementlerine dönüştürülür hem de humus oluşumu sağlanır. Bu süreç, bitki beslenmesini desteklemenin yanı sıra toprağın fiziksel (su tutma kapasitesi, yapı), kimyasal (pH, kation değişim kapasitesi) ve biyolojik (mikrobiyal aktivite, enzimatik faaliyetler) özelliklerini de iyileştirir (Brady ve Weil, 2016).

## **4. BAHÇE TARIMINDA ORGANİK MADDE DÖNGÜSÜNÜN ÖNEMİ**

### **4.1. Toprak Sağlığının Korunması**

Bahçe bitkilerinin yoğun üretim döngüsü, toprak besin maddelerinin hızla tükenmesine ve organik madde içeriğinin azalmasına neden olmaktadır. Sürekli toprak işleme ve kimyasal gübre kullanımı, mikrobiyal çeşitliliği azaltarak toprak ekosistemini zayıflatır. Organik madde uygulamaları ise bu durumu tersine çevirebilir. Özellikle kompost, çiftlik gübresi ve yeşil gübre uygulamaları; toprakta organik karbon seviyelerini artırarak toprağın doğal dengesini yeniden kurar (Lehmann ve Kleber, 2015).

### **4.2. Bitki Besin Elementi Desteği**

Organik maddeler, içeriklerindeki azot (N), fosfor (P), potasyum (K) gibi makro besin elementlerini yavaş salınım yoluyla bitkilere sunar. Bu yavaş salınım; besin kayıplarını ve çevresel kirliliği azaltırken, bitki beslenmesini optimize eder. Ayrıca organik maddelerin çinko, demir, mangan gibi mikro besinleri de bağlayarak bitkiler tarafından alınabilir hale getirdiği bilinmektedir (Edmeades, 2003).

### **4.3. Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılması**

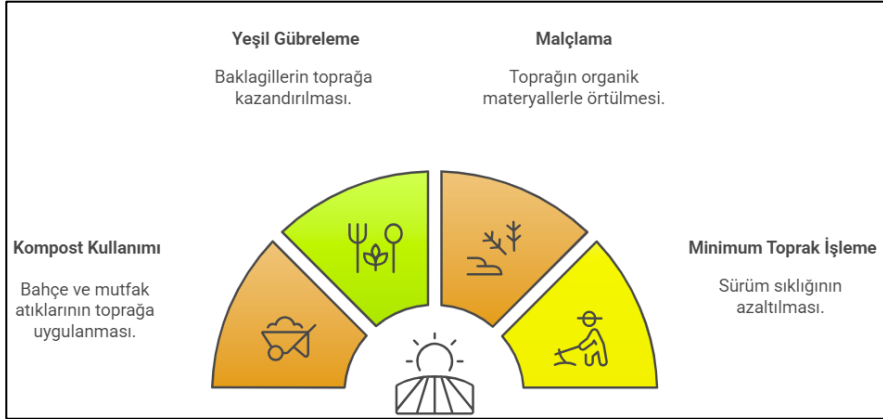
Organik madde döngüsünün tarımsal sistemlerde etkin hale getirilmesi, toprakta karbon tutumunu artırarak atmosferik CO<sub>2</sub> seviyesinin düşürülmesine katkı sağlar. Bu özellik, onarıcı tarım ve iklim dostu uygulamaların temel dayanak noktalarından biridir (Lal, 2004; Smith ve ark., 2008a).

### **4.4. Organik Madde Döngüsünü Destekleyen Uygulamalar**

Bahçe tarımında organik madde döngüsünün sağlıklı bir şekilde işletilebilmesi için aşağıdaki uygulamalar öne çıkmaktadır (Şekil 3):

- **Kompost kullanımı:** Bahçe atıkları, mutfak artıkları ve hayvan gübrelerinin kompost haline getirilerek toprağa uygulanması.

- **Yeşil gübreleme:** Baklagil familyasına ait bitkilerin (örneğin fiğ, bakla) toprağa kazandırılması.
- **Malçlama:** Toprağın üzerinin organik materyallerle örtülmesiyle hem buharlaşmanın hem de organik kaybın önlenmesi.
- **Minimum toprak işleme:** Sürüm sıklığının azaltılarak toprak organik maddesinin korunması.



Şekil 3. Toprak organik maddesini artırma yöntemleri

Bahçe tarımında organik madde döngüsü yalnızca toprak verimliliğini değil, ekosistem sağlığını ve gıda güvenliğini doğrudan etkileyen temel bir süreçtir. Sürdürülebilir üretim hedefleniyorsa; bu döngünün doğal süreçlere uygun şekilde desteklenmesi ve dış girdilere bağımlılığı azaltacak yöntemlerin yaygınlaştırılması gereklidir. Organik madde yönetiminin doğru planlandığı bir bahçe tarımı sistemi hem üretim kalitesini artırır hem de toprakların geleceğe sağlıklı bir şekilde aktarılmasını sağlar.

## 5. SU YÖNETİMİ

### 5.1. Su Hasadı ve Etkin Kullanım Yöntemleri

İklim değişikliği, nüfus artışı ve tarımsal su kullanımındaki verimsizlik, su kaynakları üzerindeki baskıyı giderek artırmaktadır. Bahçe tarımı, yüksek su ihtiyacı nedeniyle su yönetiminin en kritik olduğu tarım kollarından biridir. Su kaynaklarının giderek azalması, özellikle yarı kurak ve kurak bölgelerde bahçe bitkilerinin üretim sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir (FAO, 2017). Bu bağlamda, su hasadı (*water harvesting*) ve etkin su kullanım yöntemleri hem

verimliliği artırmak hem de çevresel etkileri azaltmak açısından stratejik önem taşımaktadır.

## 5.2. Su Hasadı: Tanımı ve Önemi

Su hasadı, yağmur suyu veya yüzey akış sularının toplanması, depolanması ve gerektiğinde kullanılması işlemidir. Bu yöntem, geleneksel sulama sistemlerine alternatif veya tamamlayıcı bir çözüm olarak, özellikle yağışın düzensiz olduğu bölgelerde su güvenliğini artırmaktadır (Boers ve Ben-Asher, 1982). Bahçe tarımında su hasadı hem doğal kaynakların korunması hem de küçük ölçekli üreticilerin suya erişiminin güvence altına alınması açısından önemlidir.

Su hasadı yöntemleri, toprağın su tutma kapasitesini artırarak, yeraltı su kaynaklarının tükenmesini önler ve toprak erozyonunu azaltır (Critchley ve Siegert, 1991). Özellikle organik maddece zengin topraklarla birleştirildiğinde, toprak neminin daha uzun süre korunmasına olanak sağlar.

## 5.3. Yüzeysel Su Hasadı Sistemleri

- Yağmur suyu toplama çukurları: Ağaç veya bitki başına açılan küçük çukurlar, yağmur suyunu doğrudan kök bölgesine yönlendirir (Oweis ve ark., 1999).
- Teraslama: Eğimli arazilerde toprak erozyonunu azaltmak ve suyun tutulmasını sağlamak için kullanılır.
- Siper ve bent sistemleri: Yağmur suyunun kontrollü bir şekilde yönlendirilmesini sağlar (Şekil 4).



Şekil 4. Kahta’da badem bahçesinde atık mermer taşları ile yapılan su hasadı bendi

## 6. SU KAYNAKLARININ ETKİN KULLANIM YÖNTEMLERİ

### 6.1. Damla Sulama Sistemleri

Damla sulama, suyun doğrudan bitki kök bölgesine düşük debiyle verilmesini sağlayan modern bir sulama yöntemidir. Bu sistem sayesinde suyun büyük kısmı buharlaşmadan bitki tarafından alınır ve %90'a varan verimlilik sağlanabilir (Howell, 2001). Ayrıca suyla birlikte gübre verilebildiğinden, besleme için ile su ve besin maddesi birlikte yönetilebilir.

### 6.2. Malçlama

Toprağın üzerini organik veya inorganik malzemelerle örtme yöntemi olan malçlama, toprak yüzeyindeki buharlaşmayı azaltarak suyun daha uzun süre tutulmasını sağlar. Aynı zamanda yabancı ot gelişimini sınırlayarak suyun yabancı otlar tarafından kullanımını düşürür (Stewart ve Burnett, 1987). Yöntemde herhangi bir kimyasal kullanılmaması, çevre için son derece yararlı bir yaklaşım olmasını sağlamaktadır. Ancak örtü materyalinin ömrü sona erdiğinde çevrede artık bırakmayacak şekilde toplanması gerekmektedir aksi takdirde çevrede çok yüksek düzeyde plastik kirliliğine yol açmaktadır.

### 6.3. Toprak Organik Maddesinin Artırılması

Toprak organik maddesi, toprak su tutma kapasitesini ve geçirgenliğini artırır. Kompost ve yeşil gübre uygulamaları hem toprak yapısını iyileştirir hem de suyun yüzey akışına geçip erozyon oluşturmadan (Şekil 5) daha derin katmanlara sızmasını kolaylaştırır (Lal, 2010).



Şekil 5. Toprağın yüzey akışı erozyonuyla kaybı sonrasında ortaya çıkan taşlı yüzey

#### 6.4. Sulama Zamanlaması ve Planlaması

Bitkilerin su ihtiyacına göre yapılan sulama planlamaları hem su israfını önler hem de bitki stresini azaltır. Modern toprak ve bitki nem sensörleri ve uzaktan izleme sistemleri, sulama zamanının bilimsel verilere dayalı olarak belirlenmesini mümkün kılar (Jones, 2004). Toprakla suyu topraktaki gözenekler adı verilen boşluklarda tutulan sudur. Bu gözeneklerdeki suyun varlığına bağlı olarak çeşitli adlarda tanımlanmaktadır. Doymuş/Doygun: su tüm gözenekleri doldurduğunda. Tarla kapasitesi: fazla su topraktan (yerçekimi nedeniyle) boşaldığında ancak gözenekler hala suyla dolu olduğunda. Kalıcı solma noktası: toprak, bitkilerin ölmesini engelleyecek kadar su sağlayamayacak kadar kurumuştur. Kullanılabilir su tutma kapasitesi: tarla kapasitesi ile kalıcı solma noktası arasındaki farktır. Sulama zamanı: bitkileri canlı tutmak için yeterli su içeriği, ancak miktar kalıcı solma noktasına doğru azaldıkça strese girerler. Oldukça karmaşık olan toprak su miktarlarının saptanmasında algılayıcı (sensör) kullanımı (Şekil 6) ile bitkilere doğru zamanda doğru miktarda su verilerek; hem aşırı sulama kaynaklı bitkilerin hastalık ve zararlılara olan dayanımının azalması önlenmekte hem de su tasarrufu sağlanmaktadır.



Şekil 6. Toprak nemi ölçen algılayıcının iç yapısı (sensör)

Bahçe tarımında su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, üretimin devamlılığı ve gıda güvenliği açısından vazgeçilmezdir. Su hasadı sistemlerinin bütünleştirilmesi ve suyun verimli kullanımı, özellikle kuraklık riski yüksek bölgelerde hayati öneme sahiptir. Modern sulama teknolojileri, geleneksel bilgiyle harmanlanarak yerel ölçekte uygulanabilir çözümler üretmeye yönelik uyarlanmalı ve yaygınlaştırılmalıdır. Bu süreçte çiftçilerin bilinçlendirilmesi, devlet teşvikleri ve teknik danışmanlık hizmetleri büyük rol oynamaktadır.

### **6.5. Damla Sulama ve Yağmurlama Sistemlerinde Onarıcı Yaklaşımlar**

Tarımda su kullanımının, insan kaynaklı toplam su tüketimi içindeki payının %70'ten fazla olduğu bilinmektedir (FAO, 2017). Bahçe tarımı gibi suya yüksek bağımlılığı olan üretim sistemlerinde su yönetimi yalnızca verimlilik açısından değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik açısından da kritik bir konudur. Bu bağlamda, modern sulama yöntemleri olan damla sulama ve yağmurlama sulama sistemleri, geleneksel sulama yöntemlerine kıyasla daha az su tüketimi ve daha yüksek verimlilik sağlamaktadır (Howell, 2001). Ancak bu sistemlerin onarıcı yaklaşımlar çerçevesinde değerlendirilmesi, yani yalnızca su tasarrufu değil, aynı zamanda ekosistem hizmetlerini destekleyen, toprak sağlığını ve biyoçeşitliliği koruyan bir biçimde uygulanması gerekmektedir (LaCanne ve Lundgren, 2018).

### **6.6. Onarıcı Tarım Perspektifinden Sulama Sistemleri**

Onarıcı tarım, toprağın su tutma kapasitesini, organik madde miktarını ve biyolojik faaliyetlerini artırmayı amaçlayan, ekolojik süreçleri merkezine alan bir tarım yaklaşımıdır (Rhodes, 2017). Sulama sistemlerinin bu perspektifle yeniden ele alınması; sadece suyu verimli kullanmakla kalmaz, aynı zamanda toprağın canlılığını destekler, karbon tutulumunu artırır ve doğal döngülerin sürdürülmesini sağlar (Lal, 2004).

## **7. DAMLA SULAMA SİSTEMLERİNDE ONARICI YAKLAŞIMLAR**

### **7.1. Toprak Biyolojisini Destekleyen Uygulamalar**

Damla sulama sistemi kullanılarak yapılan sulama yöntemi; suyu doğrudan bitki kök bölgesine ilettiği için toprak yüzeyindeki buharlaşmayı azaltır ve suyun verimli kullanımını sağlar. Onarıcı yaklaşım açısından bu

sistemin biyolojik gübreleme (biyogübre) ve kompost çayı gibi sıvı organik girdilerle birlikte uygulanması, toprak mikroorganizmalarını destekler ve biyolojik çeşitliliği artırır (Drinkwater ve Snapp, 2007).

## **7.2. Karbon Ayak İzinin Azaltılması**

Geleneksel sulama sistemlerinde kullanılan büyük enerji girdilerine karşın, damla sulama sistemleri düşük basınçla çalışabilmekte ve bu sayede enerji tüketimini ve dolayısıyla karbon emisyonlarını azaltmaktadır. Güneş enerjisiyle çalışan damla sulama sistemleri bu noktada çevreci çözümler sunmaktadır (Burney ve ark., 2010).

## **7.3. Toprak Erozyonunun Önlenmesi**

Damla sulama yöntemi ile yüzey akışının önlenmesi, toprakta yapısal bozulmaları azaltarak erozyon kontrolüne katkı sağlar. Bu durum, toprağın uzun vadeli üretkenliğinin korunması açısından onarıcı bir etkidir (Postel, 1999).

# **8. YAĞMURLAMA SİSTEMLERİNDE ONARICI YAKLAŞIMLAR**

## **8.1. Düşük Basıncılı Sistemler ve Su Tasarrufu**

Onarıcı tarım uygulamalarında tercih edilen düşük basınçlı yağmurlama sistemleri, hem suyun daha homojen dağılmasını sağlar hem de toprağın fiziksel yapısına zarar vermez. Bu sistemler özellikle hafif toprak yapılarında toprağın kompaktlaşmasını engelleyerek hava-su dengesini korur (Oweis ve Hachum, 2006).

## **8.2. Bitki-Toprak-Su Etkileşiminin İzlenmesi**

Onarıcı uygulamalarda, sulama planlaması bitkilerin gerçek su ihtiyacına göre belirlenmelidir. Yağmurlama sistemlerinin nem sensörleri ve uzaktan izleme teknolojileriyle entegre edilmesi, aşırı sulama kaynaklı besin yıkanmasını ve toprak bozulmalarını azaltır (Jones, 2004).

## **8.3. Doğal Yağışla Entegrasyon**

Yağmurlama sistemleri, doğal yağış düzenleriyle uyumlu şekilde çalıştırıldığında hem su tüketimi azalır hem de toprakta suya dayalı mikroorganizma faaliyetleri desteklenir. Bu, onarıcı tarımın "doğal süreçleri taklit etme" ilkesine uygundur (Montgomery, 2007).



Bahçe tarımında damla sulama ve yağmurlama sistemlerinin onarıcı yaklaşımlar çerçevesinde değerlendirilmesi sadece kaynak tasarrufunu değil, aynı zamanda ekosistem bütünlüğünün korunmasını ve agroekolojik dayanıklılığın artırılmasını mümkün kılar. Bu kapsamda;

- Organik girdilerle entegre sulama uygulamaları,
- Düşük enerji tüketimli sistemlerin yaygınlaştırılması,
- Hassas sulama teknolojilerinin kullanımı,
- Sulama rejimlerinin bitki büyüme evrelerine göre optimize edilmesi

ve benzeri uygulamalar hem suyun hem de toprağın sürdürülebilirliğini destekleyen onarıcı çözümler sunmaktadır.

## **9. BAHÇE TARIMINDA BİTKİ BESLEME VE GÜBRELEMEDE BİYOLOJİK YAKLAŞIMLAR**

### **9.1. Mikrobiyal Katkılar (inokulantlar), Sıfır Kimyasal Kullanımı ve Alternatif Teknikler**

Bitki besleme, tarımsal üretimin en temel bileşenlerinden biri olup; bitkilerin büyüme, gelişme ve ürün verimini doğrudan etkileyen bir süreçtir. Bahçe tarımında özellikle sebze, meyve ve süs bitkilerinde yüksek verim elde etme amacıyla yoğun kimyasal gübre kullanımı yaygındır. Ancak uzun vadede bu uygulama; toprak mikrobiyal dengesini bozmakta, su kaynaklarını kirletmekte ve gıda güvenliğini riske atmaktadır (Tilman ve ark., 2002). Bu bağlamda, son yıllarda "sıfır kimyasal yaklaşımı", "biyolojik gübreler" ve "mikrobiyal katkıları" gibi alternatif ve sürdürülebilir bitki besleme yöntemleri ön plana çıkmıştır.

### **9.2. Biyolojik Gübreler ve Mikrobiyal Katkılar**

#### **9.2.1. Biyolojik gübrelerin tanımı ve işlevi**

Biyolojik gübreler, atmosferik azot fikse eden, fosfor ve potasyum gibi besin elementlerini çözerek bitkilere sunan, mikrobiyal kökenli canlı ürünlerdir. Toprağa uygulandıklarında bitki besin elementi alımını artırarak kimyasal gübre ihtiyacını azaltırlar (Vessey, 2003). Örneğin; *Rhizobium* spp. baklagillerle simbiyotik ilişkiler kurarak atmosferik azotu bitkiye kazandırırken, *Azotobacter* spp. ve *Azospirillum* spp. gibi serbest yaşayan bakteriler azot fiksasyonu sağlar (Subba Rao, 1999). Biyolojik gübreler ile Çin’de bir elma bahçesinde yapılan çalışmada; biyolojik gübrelerin, kontrol (hiç gübre verilmeyen) ve kimyasal gübre uygulamalarına göre elma verimine

etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda; biyolojik gübre uygulaması ile elma veriminin 82.9 t/ha olduğu ve bu miktarın, kontrol grubundaki verim (16.0 t/ha) ile kimyasal gübre uygulamasındaki verim (40.0 t/ha) değerlerine kıyasla sırasıyla %418 ve %107 daha yüksek olduğu saptanmıştır (Wang ve ark., 2016).

### 9.2.2. Mikrobiyal katkıların rolü

Mikrobiyal katkılar, bitki kök bölgesine (rizosferine) uygulanan faydalı mikroorganizma kültürleridir. Bu katkılar;

- Fosfat çözücü bakteriler (PSB) ile fosforu erişilebilir forma dönüştürür (Rodríguez ve Fraga, 1999),
- Potasyum çözücü bakteriler toprakta bağlı potasyumu bitkiye sunar,
- Mikorizal mantarlar ile bitki kök yüzey alanını artırarak su ve mineral alımını destekler (Smith ve Read, 2008b).

Bu mikroorganizmalar aynı zamanda bitki büyüme düzenleyicileri üretmekte, stres toleransını artırmakta ve bazı hastalıklara karşı biyokontrol sağlamaktadır (Glick, 2012).

### 9.3. Sıfır Kimyasal Yaklaşımı

Sıfır kimyasal yaklaşımı; hiçbir sentetik gübre veya pestisit kullanılmadığı, yalnızca biyolojik ve doğal kaynakların kullanıldığı bir üretim modelidir. Bu yaklaşım; toprak canlılığını koruma, biyoçeşitliliği artırma, karbon ayak izini azaltma ve gıda sağlığını güvence altına alma hedeflerine dayanmaktadır (Reganold ve Wachter, 2016). Hindistan'da uygulanan *Zero Budget Natural Farming (ZBNF)* modeli, bu yaklaşımın en bilinen örneklerinden biridir (Anderson ve ark., 2020).

Sıfır kimyasal uygulamalarda kullanılan temel teknikler şunlardır:

- Kompost ve solucan gübresi (vermikompost) ile besin temini,
- Bitki özlerinden hazırlanan fermente sıvı gübreler (örneğin: Jivamrut),
- Mikrobiyal katkıların düzenli uygulaması,
- Bitki rotasyonu ve örtü bitkileri ile doğal besin döngüsünün sağlanması.

## **9.4. Alternatif Bitki Besleme Teknikleri**

### **9.4.1. Kompost ve organik çaylar**

Organik atıklardan hazırlanan kompost, toprak organik maddesini artırarak bitki besin maddelerinin yavaş salınımını sağlar. Kompost çayı ise sıvı formda uygulanarak mikroorganizma aktivitesini destekler ve bitki tarafından hızlıca alınabilir besinler sunar (Ingham, 2005).

### **9.4.2. Mikrobiyal fermente gübreler**

Melas, süt, bakteri kültürü ve diğer organik kaynaklardan hazırlanan mikrobiyal sıvı gübreler hem bitki beslemesini sağlar hem de toprak biyotasını güçlendirir. Bu uygulamalar, özellikle organik ve onarıcı bahçecilik sistemlerinde yaygındır (Bhattacharyya ve Jha, 2012).

### **9.4.3. Yaprak besleme**

Besin elementlerinin yapraklardan doğrudan verilmesi, özellikle mikro element eksikliklerinde etkili bir yöntemdir. Organik sertifikalı sıvı gübrelerle yapılan yaprak uygulamaları, hızlı cevap verir ve toprakta besin kilitlenmesinin önüne geçer (Fernández ve Ebert, 2005).

Bahçe tarımında sürdürülebilir bitki beslemenin sağlanması; kimyasal bağımlılığı azaltan ve ekosistemle uyumlu yöntemlerin yaygınlaştırılması ile mümkündür. Biyolojik gübreler ve mikrobiyal katkılar hem besin döngüsünü optimize etmekte hem de toprağın biyolojik fonksiyonlarını artırarak uzun vadeli üretkenliği desteklemektedir. Sıfır kimyasal yaklaşımı ise toprağı bir üretim aracı değil, yaşayan bir sistem olarak ele alarak tarımsal üretimde paradigma değişimini temsil etmektedir. Bu bütüncül stratejiler, çevre dostu ve insan sağlığına zarar vermeyen bir bahçe tarımı için güçlü temeller sunmaktadır.

## **10. ONARICI TARIM TEKNİKLERİNİN BAHÇE BİTKİLERİNDE UYGULAMALARI**

### **10.1. Örtü Bitkileri ve Toprak Örtüsünün Korunması**

Örtü bitkileri; toprak erozyonunu önlemek, su buharlaşmasını azaltmak ve toprak mikrobiyal aktivitesini desteklemek için kullanılır. Özellikle baklagil türleri hem toprak azotunu artırır hem de kök sistemleriyle toprak yapısını iyileştirir (Snapp ve ark., 2005). Bahçe tarımında kışlık örtü bitkileri (örneğin fiğ, yulaf), ilkbaharda toprağı gömülerek yeşil gübre olarak değerlendirilir.

## 10.2. Kompost ve Organik Madde Kullanımı

Kompost, bitki atıkları ve hayvan gübrelerinin fermentasyonu ile elde edilen yüksek organik içerikli bir toprak düzenleyicisidir. Bahçe bitkilerinde düzenli kompost uygulamaları, toprağın su tutma kapasitesini ve mikrobiyal aktivitesini artırır (Lal, 2004). Ayrıca, kompostla sağlanan yavaş salımlı besin maddeleri, bitki gelişimini dengeli şekilde destekler. Örneğin bir elma bahçesi çalışmasında kompostlanmış gübre uygulaması; kuraklıktan kaynaklanan zararı azaltırken ağaçların fotosentez kapasitesini artırmış ve buna bağlı olarak elma verimini 5 kg/ağaç ve 10 kg/ağaç kompost gübre uygulamaları sırasıyla %8.8 ve %13.3 oranında artırmıştır (Li ve ark., 2017).

## 10.3. Toprak İşlemesinin Azaltılması

Yoğun toprak işleme, toprak yapısını bozmakta ve organik karbon kaybına neden olmaktadır. Onarıcı yaklaşımlar, yüzeysel işleme veya sıfır toprak işleme gibi yöntemlerle toprakta yaşayan organizmaların zarar görmesini engeller (Montgomery, 2007). Bahçe tarımında bu uygulama genellikle malçlama ve yüzeysel çapalama ile desteklenir.

## 10.4. Biyolojik Gübreler ve Mikrobiyal Katkıları

Onarıcı tarımda sentetik gübrelerin yerine biyolojik gübreler kullanılır. Azot fiksasyonu yapan bakteriler (*Rhizobium*, *Azospirillum*), fosfat çözümleneyen mikroorganizmalar ve mikorizal mantarlar, özellikle fide döneminde bahçe bitkilerinde verimi artırırken toprak sağlığını da destekler (Bhattacharyya ve Jha, 2012).

## 10.5. Su Hasadı ve Etkin Sulama Sistemleri

Bahçelerde damla sulama ve yağmurlama sistemleriyle entegre edilen yağmur suyu toplama sistemleri hem su tasarrufu sağlar hem de topraktaki nem dengesini koruyarak bitki stresini azaltır (Oweis ve ark., 1999). Toprak nemini koruyan teknikler (malçlama, örtü bitkileri) bu sistemlerle birlikte uygulanır.

## 10.6. Ekim Nöbeti ve Polikültür Sistemleri

Tek tip üretim sistemleri, toprak yorgunluğuna ve hastalık riskine neden olur. Ekim nöbeti ve birlikte dikim (intercropping) gibi teknikler, toprak besin elementlerinin daha dengeli kullanılmasını sağlar ve doğal zararlı denetimini destekler (Altieri, 1999).

## 11. BAHÇE ÜRÜNLERİNDE ONARICI TARIMIN FAYDALARI

- Toprak kalitesinde artış: Artan organik madde ve mikrobiyal faaliyet sayesinde verimli ve sağlıklı toprak.
- Uzun vadeli verimlilik: Kimyasal bağımlılığı azaltarak sürdürülebilir üretim.
- Daha az girdi ihtiyacı: Gübre, su ve pestisit kullanımının minimize edilmesi.
- Ekosistem hizmetlerinin korunması: Tozlayıcılar, solucanlar ve mikrobiyal yaşam için uygun habitat sağlanması.

Özellikle domates, marul, çilek, biber gibi bahçe bitkilerinde onarıcı tekniklerin uygulandığı örneklerde verimde düşüş yaşanmadan çevresel performansın arttığı gösterilmiştir (LaCanne ve Lundgren, 2018; Reganold ve Wachter, 2016).

Bahçe tarımında onarıcı tarım tekniklerinin uygulanması, kısa vadeli verim odaklı sistemlerden uzun vadeli toprak sağlığı ve ekolojik dayanıklılığı önceleyen sistemlere geçişi temsil etmektedir. Biyoçeşitlilik, organik madde döngüsü, su yönetimi ve toprak mikroorganizmalarının etkinleştirilmesi gibi uygulamalar, bahçe bitkilerinde hem üretim kalitesini artırmakta hem de agro-ekosistemlerin direncini güçlendirmektedir. Örneğin farklı onarıcı tarım uygulamaları üzerinde yapılan çalışmalarda, geleneksel uygulamalarla karşılaştırıldığında toprak organik karbonundaki artışın yılda hektarda 3 ton organik karbona (6 tona eşit ahır gübresidir) kadar çıktığı görülmüştür (Rehberger ve ark., 2023). Organik madde ağırlığının 5 katına kadar su tuttuğu varsayıldığında yılda hektarda 15 ton su tutma kapasitesi oluşabilecektir. Sonuç olarak onarıcı tarım günümüz ve gelecek tarımını güvence altına almak için çoğu verimliliği yitirmiş tarım topraklarında uygulanması gerekli yaklaşımları içermektedir. Bununla birlikte onarıcı tarım uygulamalarının yasa ve yönetmeliklerle desteklenmesi, kontrol edilmesi ve yaygınlaştırılması da son derece kritiktir.

## KAYNAKLAR

- Açıkgöz, N. (2020). *Tarımda Sürdürülebilirlik ve Kırsal Kalkınma*. Ankara: Tarım Ekonomisi Yayınları.
- Agarwal, A. & Narain, S. (1997). *Dying wisdom: Rise, fall and potential of India's traditional water harvesting systems*. Centre for Science and Environment.
- Altieri, M.A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1-3), 19–31. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6)
- Altieri, M.A. & Nicholls, C.I. (2020). *Agroecology: Science and politics*. Practical Action Publishing.
- Anderson, D.M., Ferguson, B.G., Maughan, C.W. & Merkel, D. (2020). Zero budget natural farming: A review. *Sustainability*, 12(10), 4008. <https://doi.org/10.3390/su12104008>
- Bhattacharyya, P.N. & Jha, D.K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(4), 1327-1350.
- Boers, T.M., & Ben-Asher, J. (1982). A review of rainwater harvesting. *Agricultural Water Management*, 5(2), 145-158.
- Brady, N.C., & Weil, R.R. (2016). *The Nature and Properties of Soils* (15th ed.). Pearson.
- Edmeades, D.C. (2003). The long-term effects of manures and fertilizers on soil productivity and quality: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 66(2), 165-180.
- Burney, J.A., Woltering, L., Burke, M., Naylor, R. & Pasternak, D. (2010). Solar-powered drip irrigation enhances food security in the Sudano-Sahel. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(5), 1848-1853.
- Critchley, W. & Siegert, K. (1991). *Water Harvesting: A Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production*.
- Drinkwater, L.E. & Snapp, S.S. (2007). Nutrients in agroecosystems: Rethinking the management paradigm. *Advances in Agronomy*, 92, 163-186.

- FAO. (2015). *Healthy soils are the basis for healthy food production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2017). *The future of food and agriculture – Trends and challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2021). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at breaking point*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fernández, V. & Ebert, G. (2005). Foliar iron fertilization: A critical review. *Journal of Plant Nutrition*, 28(12), 2113-2124.
- Fernandez, E., Mojahid, H., Fadón, E., Rodrigo, J., Ruiz, D., Egea, J.A. & Luedeling, E. (2023). *Climate change impacts on winter chill in Mediterranean temperate fruit orchards. Regional environmental change*, 23(1), 7.
- Glick, B.R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. *Scientifica*, 2012(1), 963401.
- Gosnell, H., Gill, N. & Voyer, M. (2019). Transformational adaptation on the farm: Processes of change and persistence in transitions to ‘climate-smart’ regenerative agriculture. *Global Environmental Change*, 59, 101965.
- Hatfield, J.L. & Prueger, J.H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 10, 4-10.
- Howell, T.A. (2001). Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy Journal*, 93(2), 281-289.
- Ingham, E.R. (2005). *The Compost Tea Brewing Manual* (5th ed.). Soil Foodweb Inc.
- Jones, H.G. (2004). Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*, 55(407), 2427-2436.
- Kijne, J.W., Barker, R. & Molden, D. (2003). *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. CAB International.
- LaCanne, C.E. & Lundgren, J.G. (2018). Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. *PeerJ*, 6, e4428.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Lal, R. (2010). Enhancing eco-efficiency in agro-ecosystems through soil carbon sequestration. *Crop Science*, 50(Supplement\_1), 120-131.

- Lehmann, J. & Kleber, M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528(7580), 60-68.
- Li, Z., Wang, M., Yang, Y., Zhao, S., Zhang, Y. & Wang, X. (2017). *Effect of composted manure plus chemical fertilizer application on aridity response and productivity of apple trees on the loess plateau, China. Arid Land Research and Management*, 31(4), 388-403.
- Montgomery, D.R. (2007). *Dirt: The erosion of civilizations*. University of California Press.
- Oweis, T., Prinz, D. & Hachum, A. (1999). *Water harvesting: Indigenous knowledge for the future of the drier environments*. ICARDA.
- Oweis, T., Prinz, D. & Hachum, A. (1999). *Water harvesting: Indigenous knowledge for the future of the drier environments*. ICARDA.
- Oweis, T. & Hachum, A. (2006). Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. *Agricultural Water Management*, 80(1-3), 57-73.
- Öztürk, D. & Yıldız, M. (2018). Türkiye'de Sebze Üretiminde Nitrat Kirliliği ve Önlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(3), 245-252.
- Palm, C.A., Gachengo, C.N., Delve, R.J., Cadisch, G. & Giller, K.E. (2001). Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 83(1-2), 27-42.
- Porto, R. G., De Almeida, R.F., Cruz-Neto, O., Tabarelli, M., Viana, B.F., Peres, C.A., & Lopes, A.V. (2020). *Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions. Food Security*, 12(6), 1425-1442.
- Postel, S. (1999). *Pillar of Sand: Can the Irrigation Miracle Last?* W. W. Norton & Company.
- Reganold, J.P. & Wachter, J.M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2(2), 15221. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.221>
- Rehberger, E., West, P.C., Spillane, C. & McKeown, P.C. (2023). *What climate and environmental benefits of regenerative agriculture practices? an evidence review. Environmental Research Communications*, 5(5), 052001.



- Rhodes, C.J. (2017). The imperative for regenerative agriculture. *Science Progress*, 100(1), 80-129.
- Rodríguez, H. & Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, 17(4-5), 319–339.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., ... & Smith, J. (2008a). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 789-813.
- Smith, S.E. & Read, D.J. (2008b). *Mycorrhizal Symbiosis* (3rd ed.). Academic Press.
- Snapp, S.S., Swinton, S.M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J.R., Leep, R., ... & O'Neil, K. (2005). Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. *Agronomy Journal*, 97(1), 322-332.
- Stewart, B.A., & Burnett, E. (1987). Water conservation through crop residue management. In: Steppuhn H., Wall D. B. (eds), *Management of Water Use in Agriculture*. AAAS Selected Symposium.
- Subba Rao, N.S. (1999). *Soil Microorganisms and Plant Growth* (4th ed.). Oxford & IBH Publishing
- Theunissen, J., Schelling, G. & Paul, N.D. (1995). Pest and disease management in organic farming: A case for horticultural crops. *Biological Agriculture & Horticulture*, 12(2), 143-160.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R. & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.
- TÜİK (2022). *Türkiye Su ve Tarım İstatistikleri 2022*. Türkiye İstatistik Kurumu Yayınları.
- Vessey, J.K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571-586.
- Wang, L., Yang, F., E, Y., Yuan, J., Raza, W., Huang, Q. & Shen, Q. (2016). Long-term application of bioorganic fertilizers improved soil biochemical properties and microbial communities of an apple orchard soil. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1893.

## BÖLÜM 5

### SEBZELERİN FONKSİYONEL GIDA POTANSİYELİ

Doç. Dr. Selen AKAN KARACA<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17572181>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye.  
sakan@agri.ankara.edu.tr, Orcid: 0000-0002-2452-6483



## 1. GİRİŞ

Günümüzde sağlık konusunda daha bilinçli olan tüketiciler; besin tercihlerini değiştirerek vücutta özel fizyolojik etkiler sağlayan, bazı hastalıkların oluşma riskini azaltan, koruyucu ve tedavi edici gıdalara yönelmektedirler. Bu durum gıda endüstrisinde, fonksiyonel gıdalar olarak bilinen bu ürünlerin pazarını büyötmektedir (Bayram ve ark., 2013; Karadağ ve ark., 2022).

Sebzeler, nişasta, şeker, protein gibi makro besinlerin yanı sıra vitaminler ve mineraller gibi mikro besinlerin varlığı nedeniyle “koruyucu gıdalar” olarak da adlandırılır. Örneğin, yeşil yapraklı sebzelerde bol miktarda A, C, B9 ve B12 vitamini ile P, Ca, Mg ve Fe gibi mineraller bulunur (Singh ve Devi, 2015). Bu bileşikler retina sağlığının iyileştirilmesine, antioksidan özellikler sergilemesine ve bağışıklığın güçlenmesine yardımcı olurken, bazı kanser türlerine ve yüksek tansiyona karşı da koruma sağlar. Yoğun olarak havuç ve kabakta yer alan A vitamini; gözler için faydalıdır, sivilceleri azaltır ve vücut gelişimini destekler. Acı kabak, biber, lahana, brokoli, yeşil yapraklı sebzelerde bol bulunan C vitamini ise hücre yenileme özelliğinin yanı sıra kardiyovasküler sağlığı da destekler.

Nutrasötikler, tedavi amaçlı yararlanılan besin bileşenleridir. Sebzeler, fitokimyasal (antosiyaninler, karotenoidler, flavanoller, fitoöstrojenler, terpenoidler, limonoidler, fitosteroller, fenolik bileşikler vb.) içerikleri sayesinde önemli nutrasötik kaynağıdır. Sebzeleri nutrasötik kategorisine sokan, bünyesindeki antioksidan özelliği gösteren fenolik bileşiklerdir (Prakash ve ark., 2012). Örneğin, soğan kuersetin bakımından zengindir. Bu bileşikler, temizleyici ve şelatlayıcı aktivite sergileyerek vücuttaki serbest radikal stresinin azaltılmasına yardımcı olur ve böylece serbest radikal üretimini baskılar. Nutrasötik içerikli fitokimyasallar, koroner kalp hastalıklarından cilt alerjilerine kadar pek çok sağlık sorunlarının önlenmesi ve baskılanmasını sağlar. Günümüze kadar yapılan araştırmalarda, kereviz, lahana, soğan, marulda bulunan apigenin, antioksidan, antienflamatuar, antiamiloidojenik özellikler sağladığı bildirilmiştir. Kırmızı pancardaki suda çözünebilir betanin pigmenti ile ferulik asit kuvvetli antioksidan, patlıcandaki kafeik asit antienflamatuar olmasının yanı sıra bu bileşikler kanseri, diyabeti, nörodejeneratif hastalıkları önlemede de etkilidir. Bağışıklık sistemini güçlendirmeye ve hormonları dengelemeye yardımcı  $\beta$ -glukanlar ve lignanlar

beyaz renkli sebzelerde görülmektedir. Bu besinler yaşla tetiklenen maküler dejenerasyonu ve kanser risklerini azaltır, kolesterol ve kan basıncını düşürür, serbest radikalleri temizler ve ayrıca kemik gücünü artırmaya yardımcı olur. Biberdeki kapsaisin, kalp sağlığı ve kilo kontrolünde etkilidir. Patlıcan ve tatlı patatesteki klorogenik asit, kan şekerini düşürür ve insülin direncini azaltır. Yeşil sebzelerde bulunan hesperidin; yara iyileştirme, cilt kanserini önleme ve ultraviyole (UV) ışınlarına karşı koruma gibi etkilere sahiptir. *Allium* cinsi bazı sebzelerde (sarımsak, soğan) yoğun olarak bulunan kuersetin ve kaempferol antioksidan, hücre ölümünü modüle etmenin yanı sıra kan basıncı ve kan şekeri düzeyini dengeleme etkisi bulunmaktadır. Domates ve karpuzda bulunan likopen, antioksidan, UV koruma ve kalp sağlığını koruma gibi özelliklere sahiptir. Patates, yeşil ve kırmızı biber, domates ve pırasada yer alan lisin; kaygı azaltıcı ve kalsiyum emilimini artırıcı etki gösterir. Kuşkonmaz ve yeşil biber, damar sağlığını destekleyen ve kan dolaşımını iyileştiren yüksek miktarda rutin içerir. Kereviz ve brokoli ise antioksidatif, antitümör ve antienflamatuar etkileriyle bilinen zengin luteolin kaynaklarıdır. Zerdeçala özgü bir bileşik olan kurkumin; en güçlü antioksidan, antienflamatuar ve antidepresan fitokimyasallar arasında yer alır ve tümör hücrelerinin metastazını baskılayan çeşitli mekanizmalar üzerinden etki gösterir. (Ohashi ve ark., 2003; Heber, 2004). Ayrıca, fitokimyasallar arasında fenolik bileşikler etki ve fayda mekanizmasıyla ön plana çıkmakta ve polifenol içeriği ile serbest radikalleri temizler ve oksidatif hasarı önler. Dahası, kardiyovasküler ve nörodejeneratif hastalıklara, diyabete ve kansere karşı da terapötik olduğu kanıtlanmıştır. Sebzelere kırmızıdan mora kadar renk veren fenolik bileşiklerden antosiyaninler yoğun olarak kırmızı lahana, mor havuç, mor karnabahar, tatlı patates ve turpta yer alır (Shipp ve Abdel-Aal, 2010; Singh ve Devi, 2015). Bu bileşikler; kan basıncını düşürür, kanser hücrelerinde proliferasyonu ve diyabeti önler.

Gelişmekte olan ülkelerde insanlar nasıl yetersiz beslenmeyle mücadele ediyorsa, gelişmiş ülkelerde obezitenin insanları tuzağa düşürmesi de bu anlamda paradoks bir durumdur (Mirabella ve ark., 2014). Sebzelerdeki fitokimyasallar hem gelişmekte olan ülkelerdeki yetersiz beslenen insanların besin ihtiyacını gidermek hem de gelişmiş ülkelerdeki insanların sağlıklı diyetleri için potansiyel besin kaynaklarıdır. FAO (2023) verilerine göre; 2050 yılına kadar dünya nüfusunun %31 artarak 7 milyardan 9.2 milyara ulaşması

beklenmektedir. Bu artış, küresel gıda pazarında yaklaşık %60 oranında bir genişlemeyi zorunlu kılmaktadır. Son yıllarda insan sağlığına faydalı, doğal ve yüksek besin değerine sahip bileşiklere yönelik talep hızla artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılayabilecek besleyici ve ekonomik gıda kaynakları arasında sebzeler önemli bir potansiyel sunmaktadır (Verma ve ark., 2013).

## **2. SEBZELERDEN FONKSİYONEL GIDALARIN GELİŞTİRİLMESİ**

Fonksiyonel gıda endüstrisi, besin değeri yüksek gıdalara olan artan talep nedeniyle sürekli büyümektedir. Gıda sektöründe, farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak fitokimyasallar izole edilmekte, saflaştırılmakta ve yeni fonksiyonel gıdalar oluşturmak için sistemlere dahil edilmektedir. Bu anlamda uygulanan çeşitli teknolojik işlemlerle sebzelere fizyolojik fonksiyon özelliği kazandırılabilir (Ekşi, 2005). Ayrıca, sebzelerin içermiş olduğu fitokimyasallar, diğer besinlere ilave edildiğinde o besinlerin fonksiyonelliği de artmaktadır (Tonyali ve ark., 2020). Sebzelerin nutrasötik potansiyelinin kullanılarak fonksiyonel gıda geliştirme teknikleri arasında en yaygın işlemler; fermentasyon ve gıda takviyesi yapımıdır.

### **2.1. Fermentasyon**

Sebzeler dünyanın her yerinde çorba, garnitür, turşu, salata olarak tüketilmektedir. 20. yy'da konserve, soğutma ve dondurma teknikleri gelişme göstermiş olsa da günümüzde gelişmekte olan ülkelerde ürünleri korumak adına en pratik yöntemlerden biri olan doğal fermentasyon yaygın olarak kullanılmaktadır (Tamang, 2010; Karaçıl ve Tek, 2013). Fermentasyon; karbonhidratların alkole veya organik asitlere dönüştürülmesine odaklanan bakteri, maya ve mantar gibi mikroorganizmalar kullanılarak enzimler aracılığıyla organik maddelerin yararlı ürünlere ayrıştırılması olarak tanımlanan geleneksel yöntemdir. Biyokimyasal olarak ise; karbonhidrat ve ilgili bileşiklerin herhangi bir elektron alıcısının yokluğunda kısmen okside edilerek enerjinin serbest bırakıldığı metabolik bir süreçtir (Kabak ve Dobson, 2011). Fermentasyon; çabuk bozulabilen meyve ve sebzelerin kalitesinin artırılmasına yardımcı olur, gıdalara istenilen duyuşsal ve fiziksel özellikleri katar ve pişirme sürelerini de azaltır (Swain ve ark., 2014).

Sebzelerde fermentasyon için ürünün besinsel ve duyuşsal özelliklerini artıran laktik asit bakteri (LAB) türleri kullanılarak laktik asit fermentasyonu

yapılır. Bu işlemde yaygın olarak LAB kullanılmasının nedenleri; ürünlerin şeker içeriğini azaltması dolayısıyla beslenme yoğunluğunu artırması, probiyotik gıdaların depolanması sırasında C vitamini kaybını durdurması, antioksidan kapasitesini artırması, biyoaktif materyalin biyosentezini sağlaması, vücutta probiyotik görevi görmesi, toksik maddeleri ve beslenme karşıtı faktörleri azaltması gibi yararlar sağlamaktadır (Septembre-Malaterre ve ark., 2018). Sebzelerin doğal asitliği, LAB'ın büyümesi için ortam koşulları ve ayrıca hayatta kalmak için mineraller ve vitaminler gibi diğer besin maddelerini sağlar. Genel olarak fermentasyonun; besinsel ve sağlık açısından üstün özellikler, iyileştirilmiş duyuusal (organoleptik) nitelikler ve uzatılmış raf ömrü gibi temel avantajları bulunmaktadır. Bu konuyla ilgili çok sayıda bilimsel araştırma yapılmıştır. Örneğin, kabak yapraklarının doğal fermentasyonu ile B6 ve B9 vitaminlerinde,  $\beta$ -karotende ve ürünün besin değerinde artış gözlenmiştir (Misci ve ark., 2021). Siyah sarımsak, yeni geliştirilen bir fermentasyon teknolojisi ürünüdür. Bu ürünün zengin besin içeriği ve bünyesindeki özel sülfür bileşikleri sayesinde kansere karşı korumada ve baskılamadaki etkisi çalışmalarla ortaya konularak, siyah sarımsak özellikle uluslararası boyutta popüler bir besin haline gelmiştir (Akan, 2014). Kırmızı pancarda da fermentasyon işleminin antioksidan kapasite ve pigment stabilizasyonu üzerinde artırıcı bir etki sağladığı ortaya konulmuştur (Czyzowska ve ark., 2006; Akan ve ark., 2019).

Fermente gıdalar prebiyotik ve probiyotik içermesi ile dünya çapında hızla popüler hale gelmiştir. Probiyotikler; bağırsağın asidik ortamına direnç gösterebilen, bağırsak epitel dokularına yapışabilen ve antibakteriyel bileşenler üretebilen güvenli mikroorganizmalardır (Das ve ark., 2012). Geleneksel olarak probiyotikler; yoğurt, lor vb. gibi süt ürünlerinden elde edilirken, sebzeler, meyve suları ve çikolata bazlı yeni alternatif kaynaklar da kullanılmaktadır. Sebzelerden probiyotik eldesinde; probiyotiklerin canlılığı, organik asitlerin varlığı ve çözülmüş oksijen nedeniyle düşük pH ortamı sorun oluşturabilmekte, bu sebeple mikroflora türünün asidik koşullara dirençli olması gerekir (Aspri ve ark., 2020).

Probiyotikler, bağırsak mikroorganizma aktivitesinde spesifik değişikliklere neden olan ve konakçının vücuduna sağlık açısından faydalı temel mikroorganizmanın polisakkaritleri veya substratıdır. Prebiyotikler genellikle sindirilemeyen ve mikroflora için kullanılan oligosakkaritler veya

fermente liflerden oluşur. Domates, hindiba, soğan, sarımsak, fasulye, bezelye vb. sebzeler zengin bir fruktoz oligosakkarit kaynağıdır (Ötleş, 2014). Prebiyotikler insan sağlığı bakımından pozitif etkilere sahiptir. Bağışıklık ve sindirim sistemini zenginleştirme, kalsiyum ve magnezyum emilimini artırma, kandaki şeker seviyesini düzenleme ve plazma lipidlerini geliştirme özelliklerine sahiptir (Özyurt ve Ötleş, 2014).

## 2.2. Gıda Takviyesi

Gıda takviyesi, fonksiyonel gıda ürününün besin değerini artırmak için gıda materyallerine eksik besin maddelerinin eklendiği bir süreçtir. Takviye edici gıdalar (TEG) üretim formlarına göre (tablet, kapsül, pastil, esansiyel yağ, sıvı ampul, tek kullanımlık toz paket ve yumuşak jel vb.) farklı şekillerde kullanılmaktadır (Ertaş, 2022). Savlak ve ark. (2022), dünyada ve Türkiye’de TEG türlerinden en çok multi-vitamin/mineral, omega-3 yağ asitlerinin tercih edildiğinden bahsetmektedir. Bu tercihlerin ve kullanım sıklığının; ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ve bireylerin eğitim ve maddi gelirleriyle doğrudan bağlantılı olduğunu, bu nedenle tüketicilerin takviye edici gıdalara ulaşmalarında farklılıklar olduğunu ifade etmektedirler.

TEG özellikle yetersiz ve dengesiz beslenen insanlar için önem arz etmektedir. Vitamin, mineral, lif, yağ ve sekonder metabolitler gibi bünyesinde ihtiva ettiği önemli bileşenleri sayesinde sebzeler; yaprakları, kökleri gibi farklı bitki kısımlarının ya da tohumlarının takviye edici gıdalarda kullanılması ile insan sağlığına katkıda bulunmaktadır. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yayınlanan bitki listesinde TEG olarak kullanımına onay verilen sebze türleri ve kısımları Çizelge 1’de verilmiştir (Anonim, 2025).

Sebze işleme sürecindeki yan ürünlerin de TEG olarak değerlendirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada; üretimin yan çıktıları olan karnabaharın üst kökleri, enginar ve hindiba köklerinin pektik polisakkarit bakımından zengin olması sebebiyle gıda takviyesi olarak kullanılabileceği belirlenmiştir (Femenia ve ark., 1998). Rodriguez ve ark. (2006) ise biber, enginar ve soğan gibi sebzelerin üretim sırasında ayrılan kısımlarının da lifçe zengin olduğunu ve gıda takviyesi olarak değerlendirilebileceğini ifade etmişlerdir.



**Çizelge 1.** TEG yapımında yararlanılabilen sebze türleri ve kısımları

| Tür Adı                                                 | Kullanılan Kısım            |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Sarımsak, soğan                                         | Depo yaprağı                |
| Domates                                                 | Olgun meyve, meyve ekstresi |
| Pırasa, kırmızı biber, kavun, kudret narı               | Tüm sebze                   |
| Kereviz                                                 | Yaprak, kök, tohum          |
| Karalahana, brokoli, dereotu, kuzukulağı, tere          | Toprak üstü kısmı           |
| Lahana                                                  | Tohum, yaprak               |
| Kıvırcık lahana, enginar, nane, ıspanak, roka, semizotu | Yaprak                      |
| Kırmızı pancar, havuç, siyah havuç                      | Kök                         |
| Bal kabağı, sakız kabağı, kestane kabağı, şalgam        | Tohum                       |
| Fasulye                                                 | Meyve kabuğu, tohum         |
| Maydanoz                                                | Yaprak, kök, tohum          |
| Mor patates, mor tatlı patates, yer elması              | Yumru                       |
| Bezelye                                                 | Filiz                       |
| Turp                                                    | Kök, tohum                  |
| Kuşkonmaz                                               | Rizom, taze sürgün          |

Gıda takviyelerinin ilaç olarak değerlendirilmemesi gerektiği ancak doğru şekilde tüketildiğinde insanların sağlığını olumlu yönde etkilediği bilinmektedir (Atalay ve Erge, 2018). Örneğin, Ge ve ark. (2024) yaptıkları araştırmada gıda takviyelerinin kolesterol seviyelerini düşürmedeki etkinliklerini incelemişler, bazı besin takviyelerinin (sarımsak takviyeleri, polifenol takviyeleri) türüne bağlı olarak LDL kolesterol seviyelerini önemli ölçüde düşürebileceği sonucuna varmışlardır. Öte yandan, son zamanlarda ilaç interaksiyonlarından kaynaklı yan etkilerin yanında TEG ile ilgili zehirlenmeler ülkemizde ve dünyada görülmektedir. Amerika'da her yıl yaklaşık 20.000 kişinin, gıda takviyelerini hatalı kullanımı sonucunda kalp damar hastalıkları belirtileriyle hastaneye gittiği ifade edilmektedir (Geller ve ark., 2015).

### 3. SONUÇ

Modernleşmeyle birlikte insanlar sağlık konusunda giderek daha bilinçli hale gelmekte ve besin değeri yüksek gıdalara olan talep her geçen gün artmaktadır. Gıda sektöründe yeni tekniklere yapılan yatırımların artması fonksiyonel gıda pazarının büyümesine yol açmaktadır. Fonksiyonel gıdaların sağlığa olan etkilerini ve güvenlik verilerini doğrulayan çalışmalar, nutrasötikler üzerine araştırmaları daha da teşvik etmektedir. Bu çalışmalar, hastalıkların önlenmesi ve iyileştirilmesinde fitokimyasalların büyük potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Gelecekte mevcut

fitokimyasalların biyomühendislik sayesinde gıdalardaki miktarının artırılması olasıdır. Gıda teknolojisi araçları aynı zamanda bireylerin sağlığını desteklemeyi amaçlayan gıdaların geliştirilmesinde de kullanılabilir. Kapsülleme, sitotoksiste çalışmaları, nutrigenomik ve benzeri yeni işleme yöntemleri ve görüntüleme teknikleri gibi umut vadeden teknikler, beslenme araştırmaları üzerinde çalışan uzmanların dikkatini giderek daha fazla çekmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin fonksiyonel gıdalara ve nutrasötiklere odaklanmasıyla, bu sektörün küresel ölçekte büyümesinin artması beklenmektedir. Günümüzün yeni trendleri bakımından değerlendirildiğinde de fonksiyonel gıda çeşidi olan fermente yiyecek/içeceklerin ve takviye edici gıdaların popülerliğinin arttığı gözlemlenmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akan, S. (2014). Siyah sarımsak. *Gıda*, 39(6), 363-370.
- Akan, S., Horzum, Ö. & Güneş, N.T. (2019). Fonksiyonel gıda kaynağı ‘kırmızı pancar’. *5<sup>th</sup> International Eurasian Congress on Natural Nutrition, Healthy Life & Sport*, 02-06 October, Ankara, (Turkey), In Proceedings Book p.1537-1550.
- Anonim, (2025). Onaylı Bitki Listesi. Web Sitesi: <https://kms.kaysis.gov.tr/Home/Goster/202243> (Erişim Tarihi: 13.10.2025)
- Aspri, M., Papademas, P. & Tsaltas, D. (2020). Review on non-dairy probiotics and their use in non-dairy based products. *Fermentation*, 6(1), 1–20.
- Atalay, D. & Erge, H.S. (2018). Gıda takviyeleri ve sağlık üzerine etkileri. *Food and Health*, 4(2), 98-111.
- Bayram, S.E., Özeker, E. & Elmacı, Ö.L. (2013). Fonksiyonel gıdalar ve çilek. *Akademik Gıda*, 11(2), 131-137.
- Czyzowska, A., Klewicka, E. & Libudzisz, Z. (2006). The influence of lactic acid fermentation process of red beet juice on the stability of biologically active colorants. *European Food Research and Technology*, 223, 110-116.
- Das, L., Bhaumik, E., Raychaudhuri, U. & Chakraborty, R. (2012). Role of nutraceuticals in human health. *Journal of Food Science and Technology*, 49(2), 173-183.
- Ekşi, A. (2005). Bilimsel ve yasal açıdan gıdaların fonksiyonelliği. Gıda Kongresi, 19-21 Nisan, Bornova, İzmir, Bildiri Kitabı, s.6-12.
- Ertaş, M. (2022). Besin takviyelerinin bilinçli tüketiminin önemi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 48-53.
- FAO, (2023). The Future of food and agriculture: Alternative pathways to 2050. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Femenia, A., Robertson, J.A., Waldron, K.W. & Selvendran, R.R. (1998). Cauliflower (*Brassica oleracea* L), globe artichoke (*Cynara scolymus*) and chicory witloof (*Cichorium intybus*) processing by-products as sources of dietary fibre. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77, 511-518.

- Ge, Q., Yan, Y., Luo, Y., Teng, T., Cao, C., Zhao, D., ... & Chen, X. (2024). Dietary supplements: Clinical cholesterol-lowering efficacy and potential mechanisms of action. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 75(4), 349-368.
- Geller, A.I., Shehab, N., Weidle, N.J., Lovegrove, M.C., Wolpert, B.J., Timbo, B.B., Mozersky, R.P. & Budnitz, D.S. (2015). Emergency department visits for adverse events related to dietary supplements. *The New England Journal of Medicine*, 373(16), 1531-1540.
- Heber, D. (2004). Vegetables, fruits and phytoestrogens in the prevention of diseases. *Journal of Postgraduate Medicine*, 50(2), 145.
- Kabak, B. & Dobson, A.D. (2011). An Introduction to the traditional fermented foods and beverages of Turkey. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 248-260.
- Karaçıl, M.Ş. & Tek, N.A. (2013). Dünyada üretilen fermente ürünler: tarihsel süreç ve sağlık ile ilişkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 163-174.
- Karadağ, G., Karaman, A.D. & Ögüt, S. (2022). Meyve ve sebzelerde bulunan biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerine etkileri. *Toros University Journal of Food, Nutrition and Gastronomy*, 1(1), 77-90.
- Mirabella, N., Castellani, V. & Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28-41.
- Misci, C., Taskin, E., Dall'Asta, M., Fontanella, M.C., Bandini, F., Imathiu, S., Sila, D., Bertuzzi, T., Cocconcelli, P.S. & Puglisi, E. (2021). Fermentation as a tool for increasing food security and nutritional quality of indigenous african leafy vegetables: The case of cucurbita sp. *Food Microbiology*, 99, 103820.
- Ohashi, Y., Tsuchiya, Y., Koizumi, K., Sakurai, H. & Saiki, I. (2003). Prevention of intrahepatic metastasis by curcumin in an orthotopic implantation model. *Oncology*, 65(3), 250-258.
- Ötleş, S. (2014). Probiotics and Prebiotics in Food. Nutrition and Health, CRC Press.
- Özyurt, V.H. & Ötleş, S. (2014). Prebiyotikler: metabolizma için önemli bir gıda bileşeni. *Akademik Gıda*, 12(1), 115-123.

- Prakash, D., Gupta, C. & Sharma, G. (2012). Importance of phytochemicals in nutraceuticals. *Journal of Chinese Medicine Research and Development*, 1(3), 70–78.
- Rodriguez, R., Jimenez, A., Bolanos, J.F., Guillen, R. & Heredia, A. (2006). Dietary fiber from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 3-15.
- Savlak, N., Çağındı, Ö., Dedeoğlu, M., İnce, C. & Köse, E. (2022). Türkiye’de ve dünyada takviye edici gıdalara genel bir bakış. *Gıda*, 47(4), 576-590.
- Septembre-Malaterre, A., Remize, F. & Poucheret, P. (2018). Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. *Food Research International*, 104, 86-99.
- Shipp, J. & Abdel-Aal E.S.M. (2010). Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. *Open Food Science Journal*, 4(2), 7-22.
- Singh, S. & Devi, M.B. (2015). Vegetables as a potential source of nutraceuticals and phytochemicals: A review. *International Journal of Medical & Pharmaceutical Sciences*, 5(2), 1-14.
- Swain, M.R., Anandharaj, M., Ray, R.C. & Rani, R.P. (2014). Fermented fruits and vegetables of Asia: a potential source of probiotics. *Biotechnology Research International*, 250424.
- Tamang, J.P. (2010). Diversity of fermented foods. In: *Fermented Foods and Beverages of the World*, Tamang JP, Kailasapathy K (ed), CRC Press Newyork, United States of America, pp. 41-84.
- Tonyali, B., Sensoy, I. & Karakaya, S. (2020). Effects of processing on onion skin powder added extrudates. *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 3426-3425.
- Verma, A.K., Tiwari, R., Karthik, K., Chakraborty, S., Deb, R. & Dhama, K. (2013). Nutraceuticals from fruits and vegetables at a glance: A review. *Journal of Biological Sciences*, 13(2), 38-47.

## BÖLÜM 6

### VİNİFİKASYONDA *Lachancea thermotolerans* ETKİSİ

Doç. Dr. Hande TAHMAZ KARAMAN<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17572259>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye.  
htahmaz@agri.ankara.edu.tr, Orcid: 0000-0003-4842-6441



## 1. GİRİŞ

Son yıllarda değişen iklim koşulları, bağıcılık ve şarap üretimi üzerinde hissedilir bir baskı oluşturmaktadır. Bazı bölgelerde daha yüksek olabilmekle birlikte, sıcaklıklar günümüzde sanayi devrimi öncesine kıyasla ortalama 1°C daha yüksektir (van Leeuwen ve ark., 2019). Artan sıcaklıklar, uzayan yaz mevsimleri, düzensiz ve aşırı hava olayları özellikle üzümün olgunlaşma sürecindeki doğal dengeyi değiştirmektedir. Üzümlerde şeker birikimi daha hızlı gerçekleşirken organik asit miktarı azalmakta, bunun sonucunda elde edilen şaraplar daha yüksek alkol içeriğine ve daha düşük asiditeye sahip olmaktadır (de Orduna, 2010; Rogiers ve ark., 2022). Bu durum şarapta istenen tazelik ve duyuusal dengenin korunabilmesini her geçen yıl biraz daha zorlaştırmaktadır.

Geleneksel olarak şarap üretiminde kullanılan *Saccharomyces cerevisiae* yüksek etanol üretme kapasitesi sayesinde uzun yıllar boyunca fermantasyonun en çok tercih edilen ana aktörü olmuştur. Ancak günümüzde değişen agroklmatik koşullar, bu türün tek başına şarapta arzu edilen dengeyi sağlamasının her zaman mümkün olamayacağını göstermekte ya da fermantasyon sürecini farklı yöntemlerle devam ettirme arayışını ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle son yıllarda non-*Saccharomyces* olarak adlandırılan alternatif maya türlerine yönelik araştırmalar hız kazanmıştır (Liszkowska ve Berłowska, 2021; Boekhout ve ark., 2022; Sánchez-Suárez ve ark., 2025). Bu yeni türlerin, şarap kalitesi ve duyuusal özellikler üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceği düşüncesi giderek daha fazla kabul görmektedir.

Bu türler arasında yer alan *Lachancea thermotolerans* sahip olduğu özgün metabolik özellikler ile dikkat çekmektedir. *L. thermotolerans*, fermantasyon sırasında laktik asit üretme yeteneği sayesinde şarabın toplam asitliğini artırırken pH'yı düşürmekte, böylece özellikle sıcak iklimlerde üretilen şaraplara canlılık ve denge kazandırabilmektedir (Vicente ve ark., 2023; Vicente ve ark., 2024; Fernández-Vázquez ve ark., 2025).

*L. thermotolerans* son yıllarda, *S. cerevisiae* ile birlikte ya da ardışık fermantasyon teknikleri ile kullanılabilmekte (Balıkcı ve ark., 2016) ve bu sayede şaraplarda daha kompleks bir aromatik profil elde edilebilmektedir. Bu nedenle *L. thermotolerans* yalnızca mikrobiyal çeşitliliğin bir parçası değil, aynı zamanda iklim değişikliğine uyum sağlayan modern önolojinin önemli araçlarından biri olarak da değerlendirilebilmektedir.



Giderek daha belirgin hale gelen küresel iklim değişikliği karşısında, *L. thermotolerans*' ın şarap üretiminde bilinçli ve kontrollü biçimde kullanılması, hem ürün kalitesinin korunması hem de sürdürülebilir üretim anlayışının güçlendirilmesi açısından gelecek için umut verici bir seçenek sunmaktadır.

## 2. *Saccharomyces cerevisiae*'nin ŞARAP FERMANTASYONUNDAKİ ROLÜ

Şarap, bileşimi ve kalitesi birçok faktöre bağlı olan karmaşık bir içecektir (Gerbi ve de Paolis, 2025). Kalite, şarap ile özellikleri arasındaki dengenin bir sonucu olup, bu denge teruarı yansıtan tipiklik kavramını tanımlamaktadır (Drappier ve ark., 2019). İklim, toprak ve topoğrafya arasındaki etkileşim olarak tanımlanan teruar her bağ alanına özgü benzersiz bir çevre oluşturur (Rogiers ve ark., 2022). Ayrıca, bağ yönetimi, üzüm çeşidi, klon seçimi ve şarap yapım teknikleri gibi tarımsal, geleneksel ve teknolojik tercihler; nihai ürünün kalitesi ile pazardaki değerini önemli ölçüde etkilemektedir (van Leeuwen ve ark., 2019).

Dünya genelinde alkollü içeceklerin üretiminde baskın olan maya türü *S. cerevisiae*' dir ve bu türün fermantasyonda kullanılan belirli suşları aroma ve tat özellikleri üzerinde derin bir etkiye sahiptir (Walker ve Stewart, 2016). Günümüzde farklı üzüm çeşitlerinden üretilmiş çok sayıda ticari *S. cerevisiae* mayası kolaylıkla ulaşılabilir durumdadır. Ticari şarap üretiminde *S. cerevisiae* suşlarıyla gerçekleştirilen alkol fermantasyonu, genellikle *Saccharomyces* dışı mayalar veya karışık maya kullanımına kıyasla daha fazla tercih edilmektedir. Bunun temel nedeni *Saccharomyces* dışı mayaların, fermantasyonun tam olarak tamamlanamamasına ve dolayısıyla şarapta yüksek düzeyde artık şekerin kalmasına yol açtığı düşüncesidir. Ayrıca bu mayalar yüksek konsantrasyonlarda asetik asit ve etil asetat üretme eğiliminde olduklarından istenmeyen yan aromaların oluşumuna da sebebiyet verebilmektedirler (Jolly ve ark., 2014; Domizio ve ark., 2011). *S. cerevisiae* 'nın tercih edilmesinin en önemli sebeplerinden birisi de şarap karakterindeki öngörülebilirliktir.

*S. cerevisiae* kullanım açısından genellikle güvenli bir tür olarak değerlendirilmektedir. Fermente gıdaların, içeceklerin ve biyoyakıtların üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca ilaç ve diğer önemli biyokimyasal bileşiklerin üretimi için hücre fabrikası olarak da kullanılmaktadır (Belda ve ark., 2019). Bilindiği üzere şarap yapımının tarihi büyük ölçüde *S.*

*cerevisiae*'nin başrolde olduğu tek sesli bir süreç olarak şekillenmiştir. Günümüzde fermente içeceklerin büyük çoğunluğunda *S. cerevisiae*'nin saf kültürleriyle ya da *S. eubayanus* veya *S. kudriavzevii* gibi diğer *Saccharomyces* türleriyle oluşturulan türler arası melezler kullanılmaktadır. Bu mayalar aerobik koşullar altında dahi şekerce zengin üzüm şıralarını yüksek verimle fermente etme yeteneğiyle tanınmaktadır (Álvarez ve ark., 2023). Alkol fermantasyonuna birçok mikrobiyal tür katılsa da sürecin son aşamalarında her zaman baskın tür *S. cerevisiae*' dir. Bu üstünlük, türün yüksek fermantasyon kapasitesine ve yüksek etanol, düşük pH, sınırlı oksijen, besin yetersizliği gibi zorlu çevre koşullarına dayanma yeteneğine bağlanmaktadır. Ancak son araştırmalar, *S. cerevisiae*'nin yalnızca fizyolojik dayanıklılığıyla değil, aynı zamanda hücreler arası temas ve antimikrobiyal peptid (AMP) salgılama gibi rekabetçi savunma mekanizmaları sayesinde de diğer mikroorganizmalar karşısında üstünlük sağladığını göstermektedir. *S. cerevisiae* şarap üretim sürecinde vazgeçilemez bir rol üstlense de yeni trendler *Lachancea thermotolerans* gibi şaraplara farklı özellikler katan maya arayışlarını hızlandırmıştır.

### **3. *Lachancea thermotolerans* VE VİNİFİKASYON SÜRECİNE KATKILARI**

Modern şarap üretim teknolojisi iklim değişikliğinin etkisindeki günümüz önolojisinin mevcut sorunlarını çözmek için yöntemler geliştirmek amacıyla *Saccharomyces* dışındaki maya türlerine odaklanmaya başlamıştır (Pérez-Torrado ve ark., 2018; Berbegal ve ark., 2019; Sánchez-Suárez ve ark., 2025). Şarap endüstrisi son yıllarda çeşitli zorluklarla karşı karşıya kalmıştır (Álvarez ve ark., 2023). Küresel ısınma üzüm olgunlaşma sürecini hızlandırarak tanelerdeki şeker içeriğini artırmakta, buna karşılık asit miktarını azaltmaktadır. Bu değişim, yüksek alkol derecesi ve düşük asitliğe sahip şaraplarla sonuçlanabilmekte, dolayısıyla organoleptik denge bozulabilmektedir (de Orduna, 2010; Tilloy ve ark., 2015). Bunun yanı sıra şarapların tat, aroma ve ağız hissi özelliklerini belirleyen hem koku aktif hem de kokusuz bileşikler tarafından şekillenen yeni duyuşal profillere sahip şaraplara yönelik tüketici talebi giderek artmaktadır (Álvarez ve ark., 2023).

*Saccharomycetaceae* familyasının sınıflandırması gen dizisi analizlerine dayanarak yeniden düzenlenmiş ve beş yeni maya cinsi (*Lachancea*,

*Nakaseomyces*, *Naumovia*, *Vanderwaltozyma*, *Zygorulaspora*) önerilmiştir (Kurtzman, 2003; Lachance ve Kurtzman 2011). Daha önce *Kluyveromyces thermotolerans* olarak bilinen tür, günümüzde *Lachancea thermotolerans* olarak adlandırılmaktadır. Ancak bazı ticari ürünlerde hala eski isimlendirme kullanılabilmektedir (Benito, 2018).

*L. thermotolerans* yüksek sıcaklık koşullarında olgunlaşan ve asit kaybı yaşayan üzümlerden elde edilen şaraplarda asiditeyi artırabilen bir maya türü olup son yıllarda şarap üretim sürecine dahil edilmiştir (Berbegal ve ark., 2019). *L. thermotolerans*'ın asitlik üzerindeki etkisi, alkol fermantasyonu sırasında laktik asit üretimi ve pH düşürme kapasitesinin yüksek olması yoluyla gerçekleşmektedir (Jolly ve ark., 2014; Porter ve ark., 2019). Laktik asit üretimi maya türleri arasında yaygın olmamakla birlikte, eş zamanlı asitleşmenin avantaj sağladığı fermantasyon süreçlerinde önemli bir biyoteknolojik potansiyel taşımaktadır (Dequin ve Barre, 1994).

*L. thermotolerans* ile gerçekleştirilen fermantasyonlar, şarapta yalnızca asidite dengesini değil, aynı zamanda aromatik bileşenlerin çeşitliliğini de artıran etkiler göstermektedir. Bu türün yer aldığı fermantasyonlar, yalnızca *S. cerevisiae* ile gerçekleştirilen fermantasyonlara kıyasla genellikle daha belirgin meyvemsi ve çiçeksi aromatik özelliklere sahip şaraplar ile sonuçlanmaktadır (Benito ve ark., 2016; Vicente ve ark., 2021).

Bu mayanın ilk seçim çalışmaları, yüksek laktik asit üretimi ve pH düşürme kapasitesi olan *L. thermotolerans* suşlarının belirlenmesine odaklanmıştır (Vicente ve ark., 2023). Ancak günümüzdeki modern seçim süreçleri bunun ötesine geçerek asetik asit, etanol, izovalerik asit ve asetoin üretiminin düşük olması gibi ikincil kriterleri de dikkate almakta; aynı zamanda yüksek miktarda polisakkarit, gliserol, meyvemsi ester ve terpenleri üretme yeteneğine sahip suşları tercih etmektedir (Benito, 2018). Ayrıca yüksek kükürt dioksit toleransı, okratoksin A absorpsiyonu ve biyofilm koruma kapasitesi gibi özellikler de bu türün endüstriyel açıdan dikkat çeken nitelikleri arasındadır (Vicente ve ark., 2021).

*L. thermotolerans* kullanımının ayrıca uçar asit oluşumunu sınırladığı, biyokontrol etkinliğini, kompleksiteyi ve renk yoğunluğunu artırdığı da raporlanmıştır (Nally ve ark., 2018; Benito 2018; Vilela, 2018). Ancak düşük fermantasyon gücü nedeniyle *L. thermotolerans* tek başına %10'un üzerindeki alkol derecelerinde şarap üretimini tamamlayamadığından, genellikle daha

güçlü fermantasyon kapasitesine sahip *Saccharomyces* türleriyle birlikte kullanılmaktadır (Benito, 2018; Vilela, 2018; Porter ve ark., 2019). Yeni çalışmalar, suş değişkenliği ve fizikokimyasal koşullara bağlı olarak *L. thermotolerans*' in %13.6' ya kadar fermantasyon yapabileceğini de bildirmiştir (Vicente ve ark., 2021). *L. thermotolerans*' in farklı mayalarla kombinasyonu sonucu malolaktik fermantasyona gerek kalmadan malik asidin stabilize edilebilmesi de mayanın önemli özelliklerindendir (Benito ve ark., 2018). *L. thermotolerans*' in ilginç bir diğer özelliği de sıcak bağcılık bölgelerinde, *S. cerevisiae* saf fermantasyonlarına kıyasla, kombine fermantasyonlarda daha düşük nihai etanol konsantrasyonuna sahip şaraplar üretme yeteneğidir (Benito, 2020).

Maya şaraptaki fenolik içeriğe de etki etmektedir. Fermantasyon sırasındaki laktik asit üretimiyle pH' yı düşürmesi, antosiyaninlerin kırmızı renk yoğunluğunu artırmaktadır. Çeşitli çalışmalarda, bu etkinin renk yoğunluğu ve toplam antosiyaninlerde %8-10 artış sağladığı bildirilmiştir. Sangiovese üzüm çeşidinde yapılan bir araştırmada, *L. thermotolerans*-*S. cerevisiae* sıralı fermantasyonu, kontrol grubuna göre %14 daha yüksek antosiyanin ve %9 daha fazla toplam polifenol içeriği vermiştir. Ayrıca renk algısında %12-16 artış gözlenmiştir (Benito, 2018; Benito, 2020; Romani ve ark., 2020; Urbina ve ark., 2021).

Şarapta oksidatif renk ve aroma bozulmalarını önleyen ve SO<sub>2</sub> kullanımını azaltma potansiyeli taşıyan glutatyon, *L. thermotolerans* suşları tarafından, *S. cerevisiae*' ye göre 2-5 kat daha fazla üretilmektedir. Ancak, suşlar arasında %60'a varan üretim farklılığı bulunduğundan, glutatyon üretiminin gelecekteki *L. thermotolerans* suş seçimlerinde önemli bir kriter olarak karşımıza çıkacağı düşünülmektedir (Binati ve ark., 2021).

#### 4. SONUÇ

Son yıllarda iklim değişikliğinin bağcılık ve şarap üretimi üzerinde yarattığı etkiler belirginleşmiş, bu durum, şaraplarda kimyasal ve duyuusal dengenin korunmasını zorlaştırmıştır. Bu çerçevede, non-*Saccharomyces* mayaların kontrollü biçimde kullanımı, geleneksel fermantasyon anlayışına alternatif bir strateji olarak önem kazanmıştır. Bu türler arasında öne çıkan *L. thermotolerans*, özgün metabolizmasıyla hem asitlik hem de aroma dengesi üzerinde olumlu etkiler göstermektedir. Mayanın biyoasiditifikasyon yeteneği,

renk, aroma, stabilite ve antioksidan içeriğe olan katkıları *L. thermotolerans*' ın modern önolojide yalnızca bir yardımcı maya değil, aynı zamanda iklimsel değişkenliklere karşı biyoteknolojik bir uyum aracı olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Ancak mayanın önerilen kullanım şeklinin sıralı ya da birlikte fermantasyon olduğu göz ardı edilmemelidir. Bu doğrultuda, gelecekte farklı üzüm çeşitleri ve fermantasyon koşullarında yürütülecek ayrıntılı çalışmaların, *L. thermotolerans* suşlarının seçimi ve endüstriyel uygulama protokollerinin geliştirilmesine katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Álvarez, R., Garces, F., Louis, E.J., Dequin, S. & Camarasa, C. (2023). Beyond *S. cerevisiae* for winemaking: Fermentation-related trait diversity in the genus *Saccharomyces*. *Food Microbiology*, 113, 104270.
- Balikci, E.K., Tanguler, H., Jolly, N.P. & Erten, H. (2016). Influence of *Lachancea thermotolerans* on cv. Emir wine fermentation. *Yeast*, 33(7), 313-321.
- Belda, I., Ruiz, J., Santos, A., Van Wyk, N. & Pretorius, I.S. (2019). *Saccharomyces cerevisiae*. *Trends in Genetics*, 35(12), 956-957.
- Benito, Á., Calderón, F., Palomero, F. & Benito, S. (2016). Quality and composition of Airén wines fermented by sequential inoculation of *Lachancea thermotolerans* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Technology and Biotechnology*, 54(2), 135.
- Benito, S. (2018). The impacts of *Lachancea thermotolerans* yeast strains on winemaking. *Applied microbiology and biotechnology*, 102(16), 6775-6790.
- Benito, S. (2020). Combined use of *Lachancea thermotolerans* and *Schizosaccharomyces pombe* in winemaking: A review. *Microorganisms*, 8(5), 655.
- Berbegal, C., Fragasso, M., Russo, P., Bimbo, F., Grieco, F., Spano, G. & Capozzi, V. (2019). Climate changes and food quality: The potential of microbial activities as mitigating strategies in the wine sector. *Fermentation*, 5(4), 85.
- Binati, R.L., Lemos Junior, W.J.F. & Torriani, S. (2021). Contribution of non-*Saccharomyces* yeasts to increase glutathione concentration in wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 27(3), 290-294.
- Boekhout, T., Amend, A.S., El Baidouri, F., Gabaldón, T., Geml, J., Mittelbach, M., ... & Yurkov, A. (2022). Trends in yeast diversity discovery. *Fungal Diversity*, 114(1), 491-537.
- de Orduna, R.M. (2010). Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food research international*, 43(7), 1844-1855.
- Dequin, S. & Barre, P. (1994). Mixed lactic acid–alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* expressing the *Lactobacillus casei* L (+)–LDH. *Bio/Technology*, 12(2), 173-177.

- Domizio, P., Romani, C., Lencioni, L., Comitini, F., Gobbi, M., Mannazzu, I. & Ciani, M. (2011). Outlining a future for non-*Saccharomyces* yeasts: Selection of putative spoilage wine strains to be used in association with *Saccharomyces cerevisiae* for grape juice fermentation. *International journal of food microbiology*, 147(3), 170-180.
- Drappier, J., Thibon, C., Rabot, A. & Geny-Denis, L. (2019). Relationship between wine composition and temperature: Impact on Bordeaux wine typicity in the context of global warming. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(1), 14-30.
- Fernández-Vázquez, D., Sunyer-Figueres, M., Vázquez, J., Puxeu, M., Nart, E., de Lamo, S. & Andorrà, I. (2025). Selection and Use of Wild *Lachancea* thermotolerans Strains from Rioja AOC with Bioacidificant Capacity as Strategy to Mitigate Climate Change Effects in Wine Industry. *Beverages*, 11(3), 70.
- Gerbi, V. & de Paolis, C. (2025). The effects of climate change on wine composition and winemaking processes. *Italian Journal of Food Science*, 37(1), 246-260.
- Jolly, N.P., Varela, C. & Pretorius, I.S. (2014). Not your ordinary yeast: non-*Saccharomyces* yeasts in wine production uncovered. *FEMS yeast research*, 14(2), 215-237.
- Kurtzman, C.P. (2003). Phylogenetic circumscription of *Saccharomyces*, *Cluyveromyces* and other members of the *Saccharomycetaceae*, and the proposal of the new genera *Lachancea*, *Nakaseomyces*, *Naumovia*, *Vanderwaltozyma* and *Zygorulasporea*. *FEMS yeast research*, 4(3), 233-245.
- Lachance, M.A. & Kurtzman, C.P. (2011). *Lachancea* Kurtzman (2003). In *The Yeasts* (pp. 511-519). Elsevier.
- Liszkowska, W. & Berłowska, J. (2021). Yeast fermentation at low temperatures: Adaptation to changing environmental conditions and formation of volatile compounds. *Molecules*, 26(4), 1035.
- Nally, M.C., Ponsone, M.L., Pesce, V.M., Toro, M.E., Vazquez, F. & Chulze, S. (2018). Evaluation of behaviour of *Lachancea thermotolerans* biocontrol agents on grape fermentations. *Letters in Applied Microbiology*, 67(1), 89-96.

- Pérez-Torrado, R., Barrio, E. & Querol, A. (2018). Alternative yeasts for winemaking: *Saccharomyces non-cerevisiae* and its hybrids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(11), 1780-1790.
- Porter, T.J., Divol, B. & Setati, M.E. (2019). Lachancea yeast species: Origin, biochemical characteristics and oenological significance. *Food Research International*, 119, 378-389.
- Rogiers, S.Y., Greer, D.H., Liu, Y., Baby, T. & Xiao, Z. (2022). Impact of climate change on grape berry ripening: An assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1094633.
- Romani, C., Lencioni, L., Biondi Bartolini, A., Ciani, M., Mannazzu, I. & Domizio, P. (2020). Pilot scale fermentations of Sangiovese: An overview on the impact of *Saccharomyces* and non-*Saccharomyces* wine yeasts. *Fermentation*, 6(3), 63.
- Sánchez-Suárez, F., Martínez-García, R. & Peinado, R.A. (2025). Climate Change Adaptation in Winemaking: Combined Use of Non-*Saccharomyces* Yeasts to Improve the Quality of Pedro Ximénez Wines. *Microorganisms*, 13(8), 1908.
- Tilloy, V., Cadière, A., Ehsani, M. & Dequin, S. (2015). Reducing alcohol levels in wines through rational and evolutionary engineering of *Saccharomyces cerevisiae*. *International journal of food microbiology*, 213, 49-58.
- Urbina, Á., Calderón, F. & Benito, S. (2021). The combined use of *Lachancea thermotolerans* and *Lactiplantibacillus plantarum* (former *Lactobacillus plantarum*) in wine technology. *Foods*, 10(06), 1356.
- van Leeuwen C., Destrac-Irvine A., Dubernet M., Duchêne E., Gowdy M., Marguerit, E., Pieri P., Parker A., de Rességuier L. & Ollat N. (2019). An update on the impact of climate change in viticulture and potential adaptations. *Agronomy*, 9(9), 514.
- Vicente, J., Kelanne, N., Rodrigo-Burgos, L., Navascués, E., Calderón, F., Santos, A., ... & Benito, S. (2023). Influence of different *Lachancea thermotolerans* strains in the wine profile in the era of climate challenge. *FEMS Yeast Research*, 23, foac062.



- Vicente, J., Navascués, E., Calderón, F., Santos, A., Marquina, D. & Benito, S. (2021). An integrative view of the role of *Lachancea thermotolerans* in wine technology. *Foods*, 10(11), 2878.
- Vicente, J., Vladic, L., Navascués, E., Brezina, S., Santos, A., Calderón, F., ... & Benito, S. (2024). A comparative study of *Lachancea thermotolerans* fermentative performance under standardized wine production conditions. *Food Chemistry: X*, 21, 101214.
- Vilela, A. (2018). *Lachancea thermotolerans*, the non-*Saccharomyces* yeast that reduces the volatile acidity of wines. *Fermentation*, 4(3), 56.
- Walker, G.M. & Stewart, G.G. (2016). *Saccharomyces cerevisiae* in the Production of Fermented Beverages. *Beverages*, 2(4), 30.

## BÖLÜM 7

### ORGANİK ÇİLEK MUHAFAZASINDA DERİM SONRASI STRATEJİLER

Arş. Gör. Ömer Can Devrim DEMİRCİOĞLU<sup>1</sup>  
Dr. Öğr. Üyesi Özge HORZUM<sup>2\*</sup>  
Prof. Dr. Nurdan TUNA GÜNEŞ<sup>3</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17572295>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye  
o.d.demircioglu@gmail.com, Orcid: 0000-0002-0292-2100

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye  
ozupek@agri.ankara.edu.tr, Orcid: 0000-0003-2030-5613

<sup>3</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye  
tuna@agri.ankara.edu.tr, Orcid: 0000-0002-8529-2211

\*Sorumlu yazar: ozupek@agri.ankara.edu.tr



## 1. GİRİŞ

Doğal ve sağlıklı beslenme eğilimindeki artışa paralel olarak, organik meyve üretim ve tüketimi de artmaktadır (Dorais ve Alsanius, 2015). Bu eğilimin başlıca odak noktalarından biri olan çilek (*Fragaria* × *ananassa* Duch.), yüksek antioksidan kapasitesi, zengin fenolik madde içeriği ve türe özgü aroması ile öne çıkmaktadır. Ancak çilek, yüksek solunum hızı ve su içeriği, yumuşak dokusu, mikrobiyal çürümeye karşı hassasiyeti nedeniyle derim sonrası dönemde hızla bozulmaya açık bir meyvedir. Özellikle mekanik yaralanmalar, mikrobiyal enfeksiyonlar ve fizyolojik bozulmalar; raf ömrünün kısalmasına ve tedarik zincirinde önemli kalite ve kantite kayıplarına neden olmaktadır (Azam ve ark., 2019). Konvansiyonel tarımda bu kayıplar çeşitli kimyasal ve fiziksel yöntemlerle azaltılırken, organik tarımda bu yöntemler kullanılamaz (Gamage ve ark., 2023). Bu durum organik ürünlerde derim sonrası muhafazayı daha sınırlı ve karmaşık hale getirir. Organik çileklerde derim sonrası süreçler için sıcaklık ve nem kontrolü, kontrollü/modifiye atmosferli muhafaza, yenilebilir kaplamalar, bitkisel antimikrobiyal maddeler ve biyolojik kontrol stratejileri gibi alternatif yöntemler geliştirilmiştir (Popescu ve ark., 2022). Ancak organik üretime uygun derim sonrası stratejilerin sistematik ve karşılaştırmalı olarak incelendiği çalışmalar sınırlıdır. Bu eksiklik, uygulayıcılar ve araştırmacılar için hangi stratejilerin hangi koşullarda etkili olduğunu belirsiz kılmaktadır.

Bu bölüm, organik çileklerde derim sonrası muhafaza stratejilerini literatür temelli olarak incelemeyi, mevcut uygulamaları karşılaştırmayı ve alandaki bilgi birikimini ve eksiklikleri sistematik şekilde sunmayı amaçlamaktadır.

## 2. ORGANİK ÇİLEK YETİŞTİRİCİLİĞİ

Çilek, yüksek besin değeri ve antioksidan kapasitesi sayesinde sağlık açısından kalp-damar hastalıkları ve bazı kanser türlerine karşı koruyucu etkiler sunar. Bu özellikleri nedeniyle çilek, fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmekte ve tüketici talebi dünya genelinde artmaktadır (Basu ve ark., 2014). Dünya çilek üretimi yaklaşık 10.5 milyon ton olup, Türkiye 677 bin ton ile dördüncü sıradadır. Ülkemizde en yüksek üretim Mersin, Aydın ve Konya’da yapılmaktadır (Anonim, 2023; Anonim, 2024).

Konvansiyonel tarımda pestisit kullanımı yaygınken, organik tarım doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımına dayanır, kimyasal gübre ve pestisitleri yasaklar, üretimden tüketime kadar denetlenir ve kayıt altına alınır (Reganold ve Wachter, 2016). Organik sistemlerde verim konvansiyonele göre düşük olmakla birlikte, yüksek fiyat ve talep ekonomik sürdürülebilirliği desteklemektedir (Durham ve Mizik, 2021). Türkiye’de organik tarım, 5262 sayılı Organik Tarım Kanunu ve ilgili yönetmelik çerçevesinde yürütülmektedir. Organik çilek üretimimiz 2023 yılında 5.177 ton olup, bu üretimde ilk sıralarda Konya, Afyon ve Bursa illeri yer almaktadır (Anonim, 2024).

Organik çilek yetiştiriciliğinde toprak yönetimi, organik gübreler, yeşil gübreleme, rotasyon ve örtü bitkileri ile sağlanır ve sentetik gübre yerine mikrobiyal aktiviteye dayalı besleme uygulanır (Khan ve ark., 2024). Zararlı ve hastalık yönetiminde biyolojik ve kültürel mücadele ön plandadır. Doğal predatörler, bitkisel ekstraktlar ve doğal tuzaklar kullanılmakta, bitki yoğunluğu ve hava sirkülasyonu dengelenmektedir (Rawat ve ark., 2021). Çeşit seçimi organik üretimde kritik bir faktördür. Hastalıklara dayanıklı, kaliteli ve raf ömrü yüksek çeşitler tercih edilmelidir (Petran ve ark., 2017). Türkiye’de organik çilek yetiştiriciliğinde en çok ‘Albion’ çeşidi kullanılmaktadır.

### **3. ORGANİK ÇİLEKLERDE DERİM KRİTERLERİ VE DERİM**

Çilek derimi; meyvenin kalitesini, raf ömrünü ve pazarlanabilirliğini doğrudan etkileyen kritik bir aşamadır. Özellikle organik üretimde kimyasal girdilerin yasak olması nedeniyle derim ve derim sonrası işlemlerde özen gereklidir. Klimakterik olmayan bir meyve türü olan çilekte, derimin tüketicinin talep ettiği tam olgunluk safhasında yapılması kalite açısından önemlidir (Kader, 2002).

Çilek meyvelerinde en yaygın derim kriteri meyve rengidir. Genellikle meyvenin %75-100’ü kırmızıya döndüğünde derim gerçekleştirilir. Meyvelerde rengin yeşilden kırmızıya değişimi antosiyanin birikimi ile ilişkilidir (Cordenunsi ve ark., 2005). Erken derilen meyveler sert ve dayanıklı olsa da lezzet ve besin değerleri düşük olabilir. Geç derilen meyveler tatlı ve aromatik olsa da taşınma ve depolamada bozulma riski taşır (Nunes ve ark., 2006). Suda çözünür kuru madde, titre edilebilir asitlik ve meyve sertliği gibi

parametreler çilek meyvelerinde derim zamanını belirlemede dikkate alınan önemli kriterlerdir (Ayala-Zavala ve ark., 2004). Meyve sertliği hem tüketici beğenisi hem de taşıma-depolama süreçlerindeki dayanıklılık açısından önemlidir. Derim zamanı genellikle fizyolojik olgunluk ile lojistik ihtiyaçlar arasında denge gözetilerek belirlenir (Mitcham ve Mitchell, 2002). Organik çilek derimi, genellikle sabah erken saatlerde, hava sıcaklığı düşükken yapılır. Derim işlemi sırasında meyveler sıg ve havalandırılmalı kaplara yerleştirilir. Böylece sıkışma, ezilme ve yaralanma riski en aza indirilir.

Organik üretimde alet ve konteyner temizliği, el hijyeni, personel eğitimi gibi konularda daha sıkı uygulamalara rastlanır (Gutierrez-Rodriguez ve Adhikari, 2018). Bu önlemler, özellikle derim sonrası dönemde kimyasal işleme teknolojileri uygulanmadığı için mikrobiyal bulaşmanın azaltılmasına yönelik olarak alınır. Organik tarım faaliyetleri çerçevesinde derim sonrası işlemlerde kimyasal koruyucular, fungusitler ve büyüme düzenleyicilerinin kullanımı yasaktır. Derim sonrası ekipman ve ambalaj malzemelerinin temizliğinde organik yönetmeliğe uygun organik onaylı dezenfektanlar kullanılmalıdır (Plotto ve Narciso, 2006).

Organik ürünlerin taşınması ve depolanması sırasında konvansiyonel ürünlerle karışmaması, etiketleme ve izlenebilirliğin sağlanması da organik tarım yönetmeliklerinde zorunlu tutulmaktadır. Bu nedenle derim sonrası ürünlerin, izole alanlarda muhafaza edilmesi gerekir (Tuna Güneş ve ark., 2015).

#### **4. ORGANİK ÇİLEKLERDE DERİM SONRASI İŞLEMLER**

Derim sonrası uygulamalar, organik çilek üretim zincirinin kritik bir aşamasını oluşturur ve meyve kalitesi, pazarlanabilirlik ile tüketici güvenliğini doğrudan etkiler. Yüksek su içeriği, yumuşak doku ve hızlı mikrobiyal bozulma nedeniyle çilek kısa raf ömrüne sahiptir (Maryam ve ark., 2022). Organik üretimde kimyasal koruyucular ve fungusitler yasak olduğundan; derim sonrası süreçlerde sıkı hijyen, hızlı soğutma ve biyolojik koruma önlemleri zorunludur.

Kontaminasyonu önlemek için derimde kullanılan ekipmanlar, taşıma kasaları, bantlar ve depolama alanları organik onaylı dezenfektanlarla düzenli temizlenir (Sargent ve Treadwell, 2009). Klor kullanımının sınırlandırılması, hijyenin daha titiz uygulanmasını gerektirir (Plotto ve Narciso, 2006).

Ayrıca, organik sistemlerde izlenebilirlik büyük önem taşır. Her parti, hasat tarihi, üretim alanı, depolama ve taşıma bilgileriyle kaydedilir ve sertifikasyon kuruluşları tarafından düzenli olarak denetlenir (Tegeltija ve ark., 2022).

#### 4.1. Ön Soğutma

Ön soğutma; taze meyve ve sebzelerin derim sonrası hızlı sıcaklık düşüşüne tabi tutulduğu, tedarik zincirinin ilk ve kritik adımıdır. Bahçe ısısının meyveden alındığı ya da absorbe edildiği bu aşama; ürünün solunumunu ve su kaybını azaltarak mikrobiyal gelişimi sınırlar, raf ömrünü uzatır ve kalite kayıplarını minimize eder (Ogwu ve ark., 2024). Özellikle çilek gibi çabuk bozulabilen ürünlerde ön soğutma hayati öneme sahiptir.

Çilek meyvelerinin soğutulmasında kullanılan yaygın yöntemler; zorlanmış hava, vakum, buz ve soğuk hava odasında ön soğutmadır. Ancak su ile soğutma önerilmez. Çünkü yüzeyde kalan su, mikrobiyal faaliyetleri artırır. Hızlı bir şekilde ön soğutmaya alınmayan çileklerde kalite kaybı ve muhafaza ömrü ciddi şekilde azalır. Her 1 saatlik gecikme raf ömründen yaklaşık 1 gün kayıp anlamına gelir (Doğan ve Erkan, 2021). Pazarlanabilir ürün oranı 2, 4, 6 ve 8 saat gecikmede sırasıyla %20, %37, %50 ve %70 azalır (Quarshi ve ark., 2023).

Zorlanmış hava ile soğutma; çileği 1 °C'ye yaklaşık 1 saatte soğuturken, soğuk hava deposunda soğutmada bu süre 9 saate kadar uzar. Çileğin küçük hacmi, yüksek nem içeriği ve hassas yapısı nedeniyle uygun soğutma yapılmazsa hızlı su kaybı ve buruşma gözlenir (Goutam ve ark., 2023). Ön soğutma sırasında soğuk havanın oransal nemi %95–98 arasında olmalıdır. Aksi takdirde etkin soğutma yapılsa bile yüksek nem kaybı nedeniyle ağırlık kaybı ve kalite kayıpları ortaya çıkmaktadır (Doğan ve Erkan, 2021).

#### 4.2. Normal Atmosfer Koşullarında Muhafaza

Çileklerde uygun depolama; raf ömrünü uzatmak, derim sonrası ürün kalitesi ile pazarlanabilirliği korumak için kritik öneme sahiptir. Çilekler optimum olarak 0 °C sıcaklık ve %90–95 oransal nem koşullarında ortalama 20 güne kadar kalitesini koruyabilir (Shin ve ark., 2008). Düşük sıcaklık, solunum hızını yavaşlatarak fizyolojik bozulmayı azaltır ve patojen kaynaklı çürümeleri baskılar. Ayrıca meyve sertliği, titre edilebilir asitlik, suda çözünür kuru madde ve askorbik asit düzeyleri korunur. Yüksek sıcaklıklar, meyvede su ve kalite

kaybını hızlandırır (Mahajan ve Pongener, 2019). Oransal nem %90'ın altına düştüğünde; meyve ile meyveyi çevreleyen atmosfer arasındaki buhar basıncı farkı artar ve sonuçta meyvede transpirasyon hızlanır. Artan transpirasyon, meyvede dışarıdan çıplak göz ile bakıldığında görülebilecek düzeyde buruşmaya yol açar. Bu nedenle oransal nemin en az %90 düzeyinde tutulması önerilmektedir (Shin ve ark., 2008). Daha yüksek oransal nem düzeylerinde tutulan meyvelerde ise bakteriyel ve fungal enfeksiyonlar artmaktadır.

#### **4.3. Kontrollü Atmosfer Koşullarında Muhafaza**

Kontrollü atmosferli (KA) depolama ile ortam gaz konsantrasyonları belirli oranlarda değiştirilerek meyve solunumu yavaşlatılır ve mikrobiyal gelişim sınırlanır (Thompson ve ark., 2018). Çilek gibi yüksek solunum hızına ve hassas dokuya sahip meyvelerde; özellikle organik üretimde, KA uygulamaları raf ömrünü uzatmada kritik öneme sahiptir.

Alamar ve ark. (2017), 5 °C sıcaklık ve %15 CO<sub>2</sub> ve %5 O<sub>2</sub> içeren KA depolama ile çileklerde meyve sertliğinin korunduğunu ve renk bozulmalarının azaldığını belirtmiştir. Bu uygulama hastalık kaynaklı bozulmayı azaltarak raf ömrünü yaklaşık 3 gün uzatmıştır. Li ve ark. (2015) çalışmalarında, %12 CO<sub>2</sub> ve %2 O<sub>2</sub> içeren KA koşullarında depolanan çileklerin, normal atmosferde depolanana kıyasla suda çözünür kuru madde, titre edilebilir asitlik ve askorbik asit düzeylerinin daha iyi korunduğunu bildirmişlerdir.

Bu bulgular, KA uygulamalarının organik çilekte kaliteyi koruyarak ve mikrobiyal bozulmayı geciktirerek derim sonrası kayıpları azaltmada etkili bir strateji olduğunu göstermektedir.

#### **4.4. Modifiye Atmosferli Paketleme (MAP)**

Modifiye atmosferli paketleme (MAP), ambalaj içindeki gaz bileşimini değiştirerek meyve solunumunu yavaşlatır, raf ömrünü uzatır ve mikrobiyal gelişimi sınırlar (Kader ve ark., 1989). MAP, aktif ve pasif olmak üzere iki şekilde uygulanır. Aktif MAP'da ambalaj atmosferi belirli gaz karışımlarının kullanımı ile oluşturulurken, pasif MAP'da ambalaj içindeki atmosfer bileşimi, ürün solunumu ile üretilen karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve ambalaj geçirgenliğine bağlı olarak zamanla dengelenir (Mangaraj ve Goswami, 2009).

Organik çilekte kimyasal koruyucular kullanılmadığı için mikrobiyal bozulma riski yüksektir ve MAP bu ürünlerin muhafazasında önemli bir alternatiftir. Mulla ve ark. (2025), %7.5–10 O<sub>2</sub> ve %15–17.5 CO<sub>2</sub> içeren aktif



MAP uygulamalarının çileklerde bozulmayı geciktirdiğini ve renk, sertlik ile suda çözünebilir kuru madde kapsamını koruduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde Magazin ve ark. (2013), organik çileklerde MAP uygulamasının çürüme oranını azalttığını ve raf ömrünü uzattığını raporlamıştır.

Bu bulgular, MAP uygulamalarının organik çileklerde kalite kayıplarını minimize eden etkili bir derim sonrası strateji sunduğunu göstermektedir.

#### 4.5. Esansiyel Yağ ve Yağ Asitleri Uygulamaları

Esansiyel yağlar, bitkilerin çeşitli organlarından elde edilen uçucu ve kompleks karışımlardır. Bu yağlar, düşük konsantrasyonlarda bile antimikrobiyal etki göstererek patojenlerin hücre zarını bozmakta ve meyve raf ömrünü uzatmaktadır (Hou ve ark., 2020). Bu amaçla turunçgil ve ot/baharat kaynaklı yağlar (limon, portakal, kekik, nane, lavanta) ile yağ asitleri (linoleik, oleik, laurik, kaprilik asit) kullanılmaktadır (Guimarães ve Venâncio, 2022). Bu bileşikler organik tarım ile uyumludur. Sentetik fungusitler yerine kullanılabilir, kalıntı bırakmaz ve GRAS (Generally recognized as safe) sınıfına dahil edilmiştir (Durán-Lara ve ark., 2020).

Araştırmalar, uçucu yağ ve yağ asitlerinin çilekte mikrobiyal bozulmayı engellediğini ve kaliteyi koruduğunu göstermektedir. Shehata ve ark. (2020), turunçgil yağları ile 18 gün boyunca 2 °C’de muhafaza edilen çileklerde raf ömrü ve antioksidan kapasitenin arttığını bildirmiştir. Tančinová ve ark. (2022), limon otu, litsea, lavanta, nane, kekik ve adaçayı yağlarının *Botrytis cinerea*’ya karşı yüksek antifungal etki gösterdiğini belirtmiştir. Abd-Elkader ve ark. (2021) ise okaliptus, nane ve moringa yağlarının 18 gün boyunca çilekte bozulmayı azalttığını ve kaliteyi koruduğunu raporlamıştır.

Bu bulgular, esansiyel yağ ve yağ asitlerinin çileklerde mikrobiyal bozulmayı önlemede, kaliteyi korumada ve organik tarım için çevre dostu, tüketici tarafından kabul gören etkili bir strateji sunduğunu göstermektedir.

#### 4.6. Yenilebilir Kaplama Uygulamaları

Yenilebilir kaplamalar, meyve ve sebzelerin yüzeyine ince bir tabaka (<0,3 mm) halinde uygulanabilir ve gıdayla birlikte tüketilebilen malzemelerden oluşur. Bu uygulama solunumu yavaşlatarak, su kaybını ve doku bozulmasını azaltır. Ayrıca mekanik hasarlara karşı korur ve mikrobiyal gelişimi engeller (Ncama ve ark., 2018).

Kaplamalar bileşimlerine göre lipid esaslı, protein esaslı ve polisakkarit esaslı olarak sınıflandırılır. Lipid esaslı kaplamalar su buharı geçişini engeller, protein esaslılar mekanik dayanıklılık sağlar, polisakkarit esaslılar ise gaz geçirgenliğini azaltmada başarılıdır. Kompozit kaplamalar ise bu özellikleri dengeleyerek antimikrobiyal ve antioksidan bileşenlerle zenginleştirilebilir (Ma ve ark., 2024; Milani ve Nemati, 2022 Kumar, 2019). Kaplamalar daldırma, fırçalama, püskürtme veya ekstrüzyon gibi yöntemlerle uygulanır. Uygulama tekniği, tabaka kalınlığı, ürün tipi ve saklama koşulları uygulamanın etkinliğini belirler (Olivas ve Barbosa-Cánovas, 2009).

Araştırmalar, yenilebilir kaplama uygulamalarının çileklerde kaliteyi koruduğunu ve raf ömrünü uzattığını göstermektedir. Wang ve Gao (2013), kitosan kaplamasının çürüme oranını azaltıp fenolik bileşikler, antosiyanin ve flavonoid kapsamındaki düşüşü yavaşlattığını vurgulamışlardır. Tahir ve ark. (2018), arap zıncı kaplamasının fenolik bileşik, antosiyanin ve suda çözünür kuru madde düzeylerini koruduğunu ve enfeksiyonları engellediğini bildirmiştir. Peñarubia ve ark. (2014), balmumu ve kandelila mumu kaplamalarının özellikle düşük sıcaklıklarda su kaybını ve mikrobiyal gelişimi azalttığını göstermiştir. Popescu ve ark., (2022) ise kitosan ve uçucu yağ içeren kaplamaların organik çileklerde raf ömrünü uzattığını ve kaliteyi koruduğunu bildirmiştir.

Bu bulgular, yenilebilir kaplamaların organik çileklerde derim sonrası kaliteyi korumada ve raf ömrünü uzatmada etkili, sürdürülebilir ve çevre dostu bir çözüm olduğunu göstermektedir.

#### **4.7. Sıcaklık Uygulamaları**

Sıcaklık uygulamaları, çevre dostu ve organik tarıma uygun derim sonrası muhafaza yöntemleri arasındadır. Bu uygulama, solunum hızını azaltarak raf ömrünü uzatır ve kalite korunumuna katkı sağlar (Jayasundara, 2025). Sıcaklık uygulamaları, sıcak su daldırma veya püskürtme, sıcak buhar ve sıcak hava uygulamaları şeklinde gerçekleştirilebilir. Etkinlik, sıcaklık-süre kombinasyonu, ortamın oransal nemi ve meyvenin olgunluk düzeyine göre değişir (Paull ve Chen, 2000).

Araştırmalar, sıcaklık uygulamalarının çileklerde kaliteyi korumada etkili olduğunu göstermektedir. Caleb ve ark. (2016), çileklerde 45 °C’de yapılan 5 dakikalık sıcak su daldırmasının antosiyanin içeriğini artırıp sakkaroz

kaybını azalttığını göstermişlerdir. Pan ve ark. (2004), 45 °C’lik sıcak hava uygulamasının fungal gelişimi en iyi şekilde engellediğini ve meyve sertliğini koruduğunu, Jing ve ark. (2010) ise 60–65 °C’de sıcak su uygulamalarının çürümeyi azalttığını bildirmişlerdir.

Organik çileklerde sentetik fungisitlerin kullanılamaması nedeniyle, kısa süreli ve optimal sıcaklıkta uygulanan ısı işlemler, patojen yükünü düşürme ve kaliteyi koruma açısından önemli bir alternatif sunmaktadır. Kimyasal kalıntı bırakmayan bu yöntemler çevre dostudur ve derim sonrası sürdürülebilir bir koruma stratejisi olarak öne çıkmaktadır.

#### 4.8. Ozon Uygulamaları

Ozon, meyve ve sebzelerde klor kullanımına alternatif olarak tercih edilen güçlü bir dezenfektandır. Ozon, hızla atmosferik oksijene ayrıştığı için kalıntı bırakmaz ve pestisit/fungisit kullanım gereksinimini azaltır (Aidoo ve ark., 2023). Ozon, bakteriler, funguslar, virüsler, mikotoksinler ve sporlar dahil geniş bir mikrobiyal spektruma karşı etkilidir. Bahçe ürünlerinde gaz veya sulu formda uygulandığında raf ömrünü uzatabilir (Xue ve ark., 2023). Antimikrobiyal etkinliği, suda çözündüğünde oluşan hidroksil, hidroperoksil ve süperoksit gibi reaktif radikaller sayesinde, mikroorganizmaların hücre zarını, proteinlerini ve nükleik asitlerini hedef almasıyla gerçekleşir (Greene ve ark., 2012). Uygulama etkinliği; ürün yüzeyi, yöntem, sıcaklık, pH, oransal nem, ozon konsantrasyonu ve süreye bağlıdır (Aslam ve ark., 2020).

Çileklerde derim sonrası ozon uygulamaları çeşit ve koşullara göre değişir. Macías-Gallardo ve ark., (2023) çileklerde 0.3 ppm ozonun kaliteyi korumada en etkili doz olduğunu bildirmiştir. Onopiuk ve ark. (2017), 0.6–0.9 mg/L ve 120–150 dakikalık ozon uygulamalarının fenolik bileşikler, antioksidan kapasite ve C vitamini stabilitesini artırdığını raporlamıştır. Nayak ve ark. (2020), 2 dakika süre ile 0.1 ppm sulu ozon uygulamasının çürümeyi önlemede ve sertliği korumada etkili olduğunu ifade etmektedir.

Ozon, kalıntı bırakmayan, çevre dostu ve güçlü antimikrobiyal yapısı sayesinde organik ürünlerde derim sonrası kullanım için uygun bir alternatiftir. Hem gaz hem de sulu formda uygulanabilmesi, sentetik fungisit ve dezenfektan kullanımının sınırlı olduğu sistemlerde avantaj sağlamaktadır.

#### 4.9. Elektrolize Su Uygulamaları

Elektrolize su, seyreltik NaCl çözeltisinin elektrik akımıyla elektroliz edilmesi sonucu elde edilen ve hipokloröz asit (HOCl) gibi aktif klor bileşikleri içeren güçlü bir dezenfektandır (Saxena, 2024). Antimikrobiyal etkinliği, çözeltinin pH, oksidasyon-redüksiyon potansiyeli (ORP) ve HOCl/OCl<sup>-</sup> içeriğine bağlıdır. HOCl, nötr yükü sayesinde mikroorganizmaların hücre zarına kolay nüfuz eder ve protein denatürasyonu, nükleik asit zararı ve ATP sentezinin inhibisyonu yoluyla hücrenin ölümüne yol açar (Cui ve ark., 2009). Elektrolize su asidik, hafif asidik, nötr veya alkali olarak sınıflandırılır ve en yüksek antimikrobiyal aktivite hafif asidik formda gözlenir (Xuan ve Ling, 2019).

Derim sonrası dönemde yaş meyve ve sebzelerde elektrolize su; fungal ve bakteriyel patojenleri etkisiz hale getirerek mikrobiyal yükü düşürür, solunum ve etilen üretimini baskılayarak olgunlaşmayı yavaşlatır ve böylelikle raf ömrünü uzatılmasına yardımcı olur (Yan ve ark., 2021). Bununla birlikte bazı fenolik bileşiklerin korunmasına veya artmasına katkı sağlar (Saxena, 2024). Uygulama yöntemleri daldırma, püskürtme ve yıkama olup, pH, ORP ve serbest klor düzeyleri mikrobiyal etkinlik için kritik öneme sahiptir. Hafif asidik elektrolize su, organik tarımda güvenli ve çevre dostu bir dezenfektan olarak öne çıkar. Soğuk zincir uygulamaları ile birlikte kullanıldığında, mikrobiyal baskılayıcı etkisi ve raf ömrü uzatma potansiyeli artar (Xuan ve Ling, 2019).

Araştırmalar, elektrolize suyun tek başına veya doğal biyokoruyucular ile kombine edilerek çileklerde mikrobiyal bozulmayı önlediğini ve kalite parametrelerini koruduğunu göstermektedir. Alniak ve ark. (2025), elektrolize su ve kitosan kombinasyonunun çileklerde bozulmuş meyve oranını kontrol grubuna göre belirgin biçimde düşürdüğünü, Caner ve ark. (2024) ise ultrason ile kombine edilen elektrolize su uygulamalarının ağırlık kaybını azalttığını raporlamıştır.

Tüm bu özellikleriyle elektrolize su, organik tarımda derim sonrası dönemde mikrobiyal yükün azaltılması, kalite korunumu ve raf ömrünün uzatılması için etkili, sürdürülebilir ve çevre dostu bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

#### 4.10. Ultrason Uygulamaları

Ultrason, 20 kHz'in üzerindeki frekanslara sahip ses dalgalarıdır ve gıda işleme teknolojilerinde iki ana grupta kullanılır. Düşük güçlü-yüksek frekanslı ultrason (>1 MHz), materyale zarar vermeyen analitik uygulamalar için, yüksek güçlü ultrason (20–100 kHz) ise mikroorganizmalara ve enzimlere fiziksel veya biyolojik etkiler yapacak enerji taşır. Ultrason uygulamalarında kavitasyon oluşur. Mikroskobik kabarcıkların ani çöküşü lokal olarak yüksek sıcaklık ve basınç yaratır, mikroorganizmaların hücre duvarlarını parçalar, enzimleri denatüre eder ve reaktif radikaller ( $\bullet\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) oluşturarak mikrobiyal inaktivasyon sağlar (Ahmed ve ark., 2022). Ayrıca pektinmetilesteraz, poligalakturonaz, peroksidaz ve polifenoloksidaz gibi enzimleri inaktive ederek ürün kalitesini korur.

Çileklerde yapılan çalışmalar, 40 kHz frekans ve 250 W gücünde yaklaşık 10 dakikalık uygulamanın çürüme oranını azaltırken, toplam bakteri sayısını düşürdüğünü göstermiştir (Cao ve ark., 2010). Ultrason, hafif asidik elektrolize su veya diğer doğal biyokoruyucularla kombine edildiğinde mikrobiyal yükü daha etkin bir şekilde azaltabilir (Ding ve ark., 2015). Ayrıca, düşük ve orta güç uygulamaları (30–60 W) çilek sertliğini korurken, yüksek güç (90 W) dokuda bozulmalara yol açabilir (Aday ve ark., 2013).

Sonuç olarak, ultrason teknolojisi, organik tarımda sentetik kimyasallar kullanılmaksızın derim sonrası mikrobiyal yükün azaltılması, enzimatik bozulmaların önlenmesi ve kalite korunumu için etkili, kalıntı bırakmayan ve çevre dostu bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Optimum parametrelerle uygulandığında organik çileklerin raf ömrünün uzatılması için önemli bir potansiyele sahiptir.

#### 4.11. Soğuk Plazma Uygulamaları

Soğuk plazma, elektron sıcaklığının gaz sıcaklığından yüksek olduğu, termal dengede olmayan iyonize bir gaz halidir. Bu plazma türünde, yüksek enerjili elektronlar reaktif radikaller ve oksitleyici türler oluşturarak mikrobiyal inaktivasyon sağlar. Soğuk plazma üretiminde yaygın olarak DBD (dielectric barrier discharge), plazma jeti, corona ve glow discharge yöntemleri kullanılır. DBD yöntemi, özellikle ambalaj içi uygulamalarda homojen ve geniş hacimli plazma üretimi için uygundur (Turner, 2016).

Gıda sektöründe soğuk plazma, meyve ve sebzelerin yüzeyinde kalıntı bırakmadan mikrobiyal dekontaminasyon sağlar. Uygulamanın etkinliği ürün yüzeyi, voltaj, süre ve ortam koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, çilek yüzeyinde bakterileri azaltmak için domatese göre daha uzun süreye ( $\approx 300$  s) gereksinim duyulabilmektedir (Ziuzina ve ark., 2014).

Çileklerde yapılan çalışmalar, DBD tipi soğuk plazmanın aerobik bakteri ve fungus popülasyonlarını azaltabildiğini ve meyve kalitesini koruduğunu göstermektedir (Rana ve ark., 2020). Giannoglou ve ark., (2021), soğuk plazmanın raf ömrünü uzattığını ve fenolik bileşik ile antioksidan kapasiteyi artırdığını rapor etmiştir. Soğuk plazma, kimyasal kalıntı bırakmaması, toksik yan ürün oluşturmaması ve ürünün besin bileşimini etkilememesi sayesinde organik tarımda güvenli bir teknoloji olarak öne çıkar. Yumuşak dokulu, mikrobiyal bulaşmaya çok duyarlı olan organik çileklerde ambalaj içinde veya yüzeysel dekontaminasyon amacıyla uygulanabilmektedir. Sistemlerin modüler ve ölçeklenebilir yapısı, ticari gıda işleme süreçlerine entegrasyon potansiyelini artırmaktadır (Alaguthevar ve ark., 2024).

Sonuç olarak, soğuk plazma teknolojisi organik çileklerin derim sonrası mikrobiyal güvenliğini sağlamak ve raf ömrünü uzatmak için etkili ve sürdürülebilir bir yöntem olarak değerlendirilebilir. Ancak, organik sertifikasyon sistemlerinde kabul görebilmesi için bilimsel doğrulama ve üretim süreçlerine çevresel ve etik entegrasyon gereklidir.

#### **4.12. Ultraviyole (UV) Uygulamaları**

UV radyasyonu, dalga boyuna göre UV-A (315–400 nm), UV-B (280–315 nm) ve UV-C (100–280 nm) olarak sınıflandırılır. Özellikle UV-C, mikroorganizmaların DNA/RNA'sını absorpsiyon yoluyla etkileyerek yüksek mikrobiyal öldürücülük sağlar ve gıda dezenfeksiyonunda yaygın olarak kullanılır (Tchoukouang ve ark., 2023). UV uygulamaları yalnızca mikrobiyal yükü azaltmakla kalmaz, aynı zamanda abiyotik stres etkisiyle meyve ve sebzelerde biyoaktif bileşenlerin sentezini artırabilir (Darré ve ark., 2022).

Çileklerde yapılan çalışmalar, UV-C'nin hem mikrobiyal yükü azaltmada hem de kaliteyi korumada etkili olduğunu göstermektedir. Nigro ve ark. (2000),  $0.50\text{--}1.00$  kJ/m<sup>2</sup> UV-C dozlarının organik çileklerde çürüklüğü anlamlı şekilde azalttığını ve fenolik bileşik üretimini artırdığını rapor etmiştir. Bal (2019), UV-C ile kitosan kaplamasının kombinasyonunun çürüme oranını

düşürdüğünü, solunumu ve ağırlık kaybını sınırladığını, fenolik ve antosiyanin içerikleri ile C vitamini seviyelerini koruduğunu göstermiştir. Araque ve ark. (2019), düşük doz ve tekrarlı UV-C uygulamalarının çileklerde doku bütünlüğünü koruduğunu ve hücre duvarı bozucu enzimleri baskıladığını belirtmiştir.

UV teknolojisi, kimyasal kalıntı bırakmayan ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir yöntem olarak organik üretimde öne çıkar. Mikrobiyal yükü azaltırken kaliteyi koruması, organik sertifikasyon kurallarına uygunluğu ve doğal enfeksiyonlara karşı koruyucu etkisi, organik zincirlerde uygulanabilirliğini artırmaktadır.

## 5. SONUÇ

Organik tarımın temel ilkeleri doğrultusunda kimyasal girdilerin kullanımının sınırlandırılması, özellikle çabuk bozulabilen ve mikrobiyal bulaşmaya açık ürünlerde, derim sonrası muhafaza sürecini daha karmaşık ve sınırlı hale getirmektedir. Bu bağlamda, organik çilek gibi değerli ancak raf ömrü kısa meyvelerin muhafazasında, doğal, kalıntı bırakmayan ve çevreyle uyumlu alternatif stratejilerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Literatür taraması sonucunda; ön soğutma, sıcaklık ve nem kontrolü, kontrollü ve modifiye atmosfer uygulamaları, yenilebilir kaplamalar, uçucu yağlar, UV, soğuk plazma, elektrolize su, ultrason, sıcaklık uygulamaları gibi çeşitli yöntemlerin, organik çileklerin kalitesini korumada ve mikrobiyal bozulmayı geciktirmede etkili olduğu görülmüştür. Ancak mevcut çalışmaların çoğu tekil uygulamalara odaklanmakta, bu yöntemlerin etkinliği, uygulanabilirliği ve birbirleriyle kombinasyonlarının potansiyel sinerjileri henüz yeterince kapsamlı ve karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmemiştir. Bu durum, uygulayıcılar açısından doğru yöntem seçimi ve uygulama süresi optimizasyonu konusunda belirsizlikler yaratmaktadır. Organik çilek üretiminde derim sonrası kalite yönetimi için daha fazla sayıda, kontrollü koşullarda yürütülen, çoklu parametreleri içeren bütüncül çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Sonuç olarak, organik çilek muhafazasında kullanılan derim sonrası stratejilerin hem bilimsel hem de uygulama boyutunda daha sistematik ve entegre biçimde ele alınması, sürdürülebilir organik üretim zincirinin güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abd-Elkader, D.Y., Salem, M.Z., Komeil, D.A., Al-Huqail, A.A., Ali, H.M., Salah, A.H. & Hassan, H.S. (2021). Post-harvest enhancing and *Botrytis cinerea* control of strawberry fruits using low-cost and eco-friendly natural oils. *Agronomy*, 11(6), 1246.
- Aday, M.S., Temizkan, R., Büyükcan, M.B. & Caner, C. (2013). An innovative technique for extending shelf life of strawberry: Ultrasound. *LWT - Food Science and Technology*, 52(2), 93–101.
- Ahmed, S., Akther, S., Alam, S.S., Ahiduzzaman, M., Islam, M.N. & Azam, M. S. (2022). Individual and combined effects of electrolyzed water and ultrasound treatment on microbial decontamination and shelf life extension of fruits and vegetables: A review of potential mechanisms. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(8), e16765.
- Aidoo, O.F., Osei-Owusu, J., Chia, S.Y., Dofuor, A.K., Antwi-Agyakwa, A. K., Okyere, H., Gyan, M., Edusei, G., Ninsin, K.D., Duker, R.Q., Siddiqui, S.A. & Borgemeister, C. (2023). Remediation of pesticide residues using ozone: A comprehensive overview. *Science of the Total Environment*, 894, 164933.
- Alaguthevar, R., Packialakshmi, J.S., Murugesan, B., Rhim, J.W. & Thiyaamoorthy, U. (2024). In-package cold plasma treatment to extend the shelf life of food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(2), e13318.
- Alamar, M.C., Collings, E., Cools, K. & Terry, L.A. (2017). Impact of controlled atmosphere scheduling on strawberry and imported avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 134, 76–86.
- Alniak, N.Y., Caner, C. & Yüceer, M. (2025). The individual and combined effects of electrolyzed water and chitosan coating applications on the storage stability of fresh strawberries. *Food and Bioprocess Technology*, 1–17.
- Anonim. 2023. Web Sitesi: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Erişim Tarihi: 02.05.2025.
- Anonim. 2024. Web Sitesi: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler>. Erişim Tarihi: 02.05.2025.



- Araque, L.C.O., Ortiz, C.M., Darré, M., Rodoni, L.M., Civello, P.M. & Vicente, A.R. (2019). Role of UV-C irradiation scheme on cell wall disassembly and surface mechanical properties in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 150, 122–128.
- Aslam, R., Alam, M.S. & Saeed, P.A. (2020). Sanitization potential of ozone and its role in postharvest quality management of fruits and vegetables. *Food Engineering Reviews*, 12, 48–67.
- Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y. & González-Aguilar, G.A. (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *LWT - Food Science and Technology*, 37(7), 687–695.
- Azam, M., Ejaz, S., Naveed Ur Rehman, R., Khan, M. & Qadri, R. (2019). Postharvest quality management of strawberries. In: Asao, T. ve Asaduzzaman, M.d. (eds), *Strawberry: Pre- and Post-harvest Management Techniques for Higher Fruit Quality*.
- Bal, E. (2019). Influence of chitosan-based coatings with UV irradiation on quality of strawberry fruit during cold storage. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(2), 275–281.
- Basu, A., Nguyen, A., Betts, N.M. & Lyons, T.J. (2014). Strawberry as a functional food: An evidence-based review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(6), 790–806.
- Caleb, O.J., Wegner, G., Rolleczeck, C., Herppich, W.B., Geyer, M. & Mahajan, P.V. (2016). Hot water dipping: Impact on postharvest quality, individual sugars, and bioactive compounds during storage of ‘Sonata’ strawberry. *Scientia Horticulturae*, 210, 150–157.
- Caner, C., Tiryaki, K., Pala, Ç.U. & Yüceer, M. (2024). Combined effect of electrolyzed water (EW) and sonication with equilibrium modified atmosphere packaging for prolonging storage stability of fresh strawberry. *Food Science and Technology International*, 30(5), 459-472.
- Cao, S., Hu, Z. & Pang, B. (2010). Optimization of postharvest ultrasonic treatment of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 55(3), 150–153.
- Cordenunsi, B.R., Genovese, M.I., do Nascimento, J.R.O., Hassimotto, N.M. A., dos Santos, R.J. & Lajolo, F.M. (2005). Effects of temperature on the

- chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry*, 91(1), 113-121.
- Cui, X., Shang, Y., Shi, Z., Xin, H. & Cao, W. (2009). Physicochemical properties and bactericidal efficiency of neutral and acidic electrolyzed water under different storage conditions. *Journal of Food Engineering*, 91(4), 582–586.
- Darré, M., Vicente, A.R., Cisneros-Zevallos, L. & Artés-Hernández, F. (2022). Postharvest ultraviolet radiation in fruit and vegetables: Applications and factors modulating its efficacy on bioactive compounds and microbial growth. *Foods*, 11(5), 653.
- Ding, T., Ge, Z., Shi, J., Xu, Y.T., Jones, C.L. & Liu, D.H. (2015). Impact of slightly acidic electrolyzed water and ultrasound on microbial loads and quality of fresh fruits. *LWT - Food Science and Technology*, 60(2), 1195-1199.
- Doğan, A. & Erkan, M. (2021). Çilekte hasat ve hasat sonrası işlemler. In *Çilek e-Çalıştayı 2021: Üretimden tüketime çileğin yolculuğu*. Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Antalya
- Dorais, M. & Alsanius, B. (2015). Advances and trends in organic fruit and vegetable farming research. In J. Janick (Ed.), *Horticultural Reviews* (Vol. 43, pp. 185-268).
- Durán-Lara, E.F., Valderrama, A. & Marican, A. (2020). Natural organic compounds for application in organic farming. *Agriculture*, 10(2), 41.
- Durham, T.C. & Mizik, T. (2021). Comparative economics of conventional, organic, and alternative agricultural production systems. *Economies*, 9(2), 64.
- Gamage, A., Gangahagedara, R., Gamage, J., Jayasinghe, N., Kodikara, N., Suraweera, P. & Merah, O. (2023). Role of organic farming for achieving sustainability in agriculture. *Farming System*, 1(1), 100005.
- Giannoglou, M., Xanthou, Z.M., Chanioti, S., Stergiou, P., Christopoulos, M., Dimitrakellis, P., Efthimiadou, A., Gogolides, E. & Katsaros, G. (2021). Effect of cold atmospheric plasma and pulsed electromagnetic fields on strawberry quality and shelf-life. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 68, 102631.
- Goutam, E., Singh, K.K., Bharti, Sran, A.S., Singh, D. & Pooja. (2023). Post Harvest Handling of Strawberry Fruit. In: Sran, A.S. ve Singh, K.K.

- (eds), Handbook of Strawberry Farming and Production. Vital Biotech Publication, 79-90.
- Greene, A.K., Güzel-Seydim, Z.B. & Seydim, A.C. (2012). Chemical and physical properties of ozone. In Z.B. Güzel-Seydim & A.C. Seydim (Eds.), *Ozone in food processing* (pp. 19–31).
- Guimarães, A. & Venâncio, A. (2022). The potential of fatty acids and their derivatives as antifungal agents: A review. *Toxins*, 14(3), 188.
- Gutierrez-Rodriguez, E. & Adhikari, A. (2018). Preharvest farming practices impacting fresh produce safety. *Microbiology Spectrum*, 6(2), 19–46.
- Hou, H., Zhang, X., Zhao, T. & Zhou, L. (2020). Effects of *Origanum vulgare* essential oil and its two main components, carvacrol and thymol, on the plant pathogen *Botrytis cinerea*. *PeerJ*, 8, e9626.
- Jayasundara, J.M.D.N., Sawbhagya, L.H.N., Kumarihami, H.M.P.C., Kramchote, S. & Fallik, E. (2025). A comprehensive review of hot water treatments of fruits and vegetables for postharvest quality management. *Journal of Postharvest Technology*, 13(1), 1-36.
- Jing, W., Tu, K., Shao, X.F., Su, Z.P., Zhao, Y., Wang, S. & Tang, J. (2010). Effect of postharvest short hot-water rinsing and brushing treatment on decay and quality of strawberry fruit. *Journal of Food Quality*, 33(3), 262–272.
- Kader, A.A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops* (3rd ed.). University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
- Kader, A.A., Zagory, D., Kerbel, E.L., & Wang, C.Y. (1989). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 28(1), 1-30.
- Khan, M.T., Aleinikovienė, J. & Butkevičienė, L.M. (2024). Innovative organic fertilizers and cover crops: Perspectives for sustainable agriculture in the era of climate change and organic agriculture. *Agronomy*, 14(12), 2871.
- Kumar, N. (2019). Polysaccharide-based components and their relevance in edible film/coating: A review. *Nutrition & Food Science*, 49(5), 793–823.
- Li, L., Luo, Z., Huang, X., Zhang, L., Zhao, P., Ma, H., Li, X., Ban, Z. & Liu, X. (2015). Label-free quantitative proteomics to investigate strawberry fruit proteome changes under controlled atmosphere and low temperature storage. *Journal of Proteomics*, 120, 44-57.

- Ma, M., Liu, Y., Zhang, S. & Yuan, Y. (2024). Edible coating for fresh-cut fruit and vegetable preservation: Biomaterials, functional ingredients, and joint non-thermal technology. *Foods*, 13(23), 3937.
- Macías-Gallardo, F., Barajas-Díaz, C.G.M., Mireles-Arriaga, A.I. & Ozuna, C. (2023). Strawberry variety influences the effectiveness of postharvest treatment with gaseous ozone: Impact on the physicochemical, microbiological, and bioactive properties of the fruit. *Processes*, 11(2), 346.
- Magazin, N., Keserović, Z., Čabilovski, R., Milić, B., Dorić, M. & Manojlović, M. (2013). Modified atmosphere packaging of fully ripe strawberries. XI International Controlled and Modified Atmosphere Research Conference, pp.241-244.
- Mahajan, B.V.C. & Pongener, A. (2019). Post-Harvest Handling and Storage. R.M. Sharma, R. Yamdagni, A.K. Dubey & V. Pandey (Ed.), In: *Strawberries Production, Postharvest Management and Protection* (s:211-244). Florida: CRC Press.
- Mangaraj, S. & Goswami, T.K. (2009). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables for extending shelf-life-A review. *Fresh Produce*, 3(1), 1-31.
- Maryam, A., Anwar, R., Malik, A.U., Khan, A.S., Ali, S., Waris, F., Hasan, M. U. & El-Mogy, M.M. (2022). Pre-storage hypobaric treatment reduces microbial spoilage and maintains eating quality of strawberry fruits during low temperature conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11), e17121.
- Milani, J.M. & Nemati, A. (2022). Lipid-based edible films and coatings: a review of recent advances and applications. *Journal of Packaging Technology and Research*, 6(1), 11-22.
- Mitcham, E. & Mitchel, G. (2002). Strawberry. In: Kader, A. A. (ed.), *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3311, Oakland.
- Mulla, M.F.Z., Shonte, T.T. & Pathania, S. (2025). Quality parameters and shelf life of strawberry (cv. Centenary) fruits as affected by active modified atmosphere packaging. *International Journal of Food Science and Technology*, 60(1), vvaf010.

- Nayak, S.L., Sethi, S., Sharma, R.R., Sharma, R.M., Singh, S. & Singh, D. (2020). Aqueous ozone controls decay and maintains quality attributes of strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.). *Journal of Food Science and Technology*, 57, 319-326.
- Ncama, K., Magwaza, L.S., Mditshwa, A. & Tesfay, S.Z. (2018). Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. *Food Packaging and Shelf Life*, 16, 157-167.
- Nigro, F., Ippolito, A., Lattanzio, V., Di Venere, D. & Salerno, M. (2000). Effect of ultraviolet-C light on postharvest decay of strawberry. *Journal of Plant Pathology*, 29-37.
- Nunes, M.C.N., Brecht, J.K., Morais, A.M. & Sargent, S.A. (2006). Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(2), 180-190.
- Ogwu, M.C., & Ogunsola, O.A. (2024). Physicochemical Methods of Food Preservation to Ensure Food Safety and Quality. In: Food Safety and Quality in the Global South. Singapore: Springer Nature Singapore, pp 263-298.
- Olivas, G.I. & Barbosa-Cánovas, G. (2009). Edible Films and Coatings for Fruits and Vegetables. K.C. Huber & M.E. Embuscado (Ed.), In: *Edible Films and Coatings for Food Applications* (s:211-244). New York: Springer.
- Onopiuk, A., Półtorak, A., Wyrwisz, J., Moczowska, M., Stelmasiak, A., Lipińska, A., Szpicer, A., Zalewska, M., Zaremba, R., Kubon, M. & Wierzbicka, A. (2017). Impact of ozonisation on pro-health properties and antioxidant capacity of ‘Honeoye’ strawberry fruit. *Journal of Food*, 15(1), 58-64.
- Pan, J., Vicente, A.R., Martínez, G.A., Chaves, A.R. & Civello, P.M. (2004). Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(14), 1831-1838.
- Paull, R.E. & Chen, N.J. (2000). Heat treatment and fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 21(1), 21-37.
- Peñarubia, O.R., Raposo, M.F.D.J., Morais, R.M.S.C.D. & Morais, A.M.M.B. D. (2014). Beeswax–and candelilla wax–coconut oil edible coatings

- extend the shelf life of strawberry fruit at refrigeration temperatures. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 4(2-4), 221-234.
- Petran, A., Hoover, E., Hayes, L. & Poppe, S. (2017). Yield and quality characteristics of day-neutral strawberry in the United States Upper Midwest using organic practices. *Biological Agriculture & Horticulture*, 33(2), 73-88.
- Plotto, A. & Narciso, J.A. (2006). Guidelines and acceptable postharvest practices for organically grown produce. *HortScience*, 41(2), 287-291.
- Popescu, P.A., Palade, L.M., Nicolae, I.C., Popa, E.E., Miteluț, A.C., Drăghici, M.C., Matei, F. & Popa, M.E. (2022). Chitosan-based edible coatings containing essential oils to preserve the shelf life and postharvest quality parameters of organic strawberries and apples during cold storage. *Foods*, 11(21), 3317.
- Quarshi, H.Q., Ahmed, W., Azmant, R., Chendouh-Brahmi, N., Quyyum, A. & Abbas, A. (2023). Post-Harvest Problems of Strawberry and Their Solutions. N.E. Kafkas (Ed.), In *Recent Studies on Strawberries*. United Kingdom: IntechOpen.
- Rana, S., Mehta, D., Bansal, V., Shivhare, U.S. & Yadav, S.K. (2020). Atmospheric cold plasma (ACP) treatment improved in-package shelf life of strawberry fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 57(1), 102–112.
- Rawat, L., Bisht, T.S. & Naithani, D.C. (2021). Plant disease management in organic farming system: Strategies and challenges. In K. P. Singh, S. Jahagirdar, & B. K. Sarma (Eds.), *Emerging trends in plant pathology* (pp. 611–642).
- Reganold, J.P. & Wachter, J.M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2(2), 15221.
- Sargent, S.A. & Treadwell, D.D. (2009). Guide for maintaining the quality and safety of organic vegetables and melons during harvest and handling operations (HS396). University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS).
- Saxena, J. (2024). Application of electrolysed water in post-harvest treatment of fruits and vegetables. *Sustainable Food Technology*, 2(2), 281-291.

- Shehata, S.A., Abdeldaym, E.A., Ali, M.R., Mohamed, R.M., Bob, R.I. & Abdelgawad, K.F. (2020). Effect of some citrus essential oils on post-harvest shelf life and physicochemical quality of strawberries during cold storage. *Agronomy*, 10(10), 1466.
- Shin, Y., Ryu, J.A., Liu, R.H., Nock, J.F. & Watkins, C.B. (2008). Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 49(2), 201-209.
- Tahir, H.E., Xiaobo, Z., Jiyong, S., Mahunu, G.K., Zhai, X. & Mariod, A.A. (2018). Quality and postharvest-shelf life of cold-stored strawberry fruit as affected by gum arabic (*Acacia senegal*) edible coating. *Journal of Food Biochemistry*, 42(3), e12527.
- Tančinová, D., Mašková, Z., Mendelová, A., Foltinová, D., Barboráková, Z. & Medo, J. (2022). Antifungal activities of essential oils in vapor phase against *Botrytis cinerea* and their potential to control postharvest strawberry gray mold. *Foods*, 11(19), 2945.
- Tegeltija, S., Dejanović, S., Feng, H., Stankovski, S., Ostojić, G., Kučević, D. & Marjanović, J. (2022). Blockchain framework for certification of organic agriculture production. *Sustainability*, 14(19), 11823.
- Tchoukouang, R.D., Lima, A.R., Quintino, A.C., Cristofoli, N.L. & Vieira, M.C. (2023). UV-C light: A promising preservation technology for vegetable-based nonsolid food products. *Foods*, 12(17), 3227.
- Thompson, A.K., Prange, R.K., Bancroft, R. & Puttongsiri, T. (2018). Controlled atmosphere storage of fruit and vegetables. CABI.
- Tuna Güneş, N., Horzum, Ö. & Bakoğlu, N. (2015). Organik Olarak Üretilen Bazı Meyve Türlerinde Derim Sonrası İşlemler, Soğukta Muhafaza ve Pazarlama Zinciri Doğu Karadeniz II. Organik Tarım Kongresi, Rize, Türkiye.
- Turner, M. (2016). Physics of cold plasma. In N. N. Misra, O. Schlüter, & P. J. Cullen (Eds.), *Cold plasma in food and agriculture: Fundamentals and applications* (pp. 17–51). Academic Press.
- Wang, S.Y. & Gao, H. (2013). Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch.). *LWT - Food Science and Technology*, 52(2), 71–79.

- Xuan, X. & Ling, J. (2019). Generation of electrolyzed water. In T. Ding, D. H. Oh, & D. Liu (Eds.), *Electrolyzed water in food: Fundamentals and applications* (pp. 1–16).
- Xue, W., Macleod, J. & Blaxland, J. (2023). The use of ozone technology to control microorganism growth, enhance food safety and extend shelf life: A promising food decontamination technology. *Foods*, 12(4), 814.
- Yan, P., Daliri, E.B.M. & Oh, D.H. (2021). New clinical applications of electrolyzed water: A review. *Microorganisms*, 9(1), 136.
- Zehnder, G., Gurr, G.M., Kühne, S., Wade, M.R., Wratten, S.D. & Wyss, E. (2007). Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology*, 52(1), 57–80.
- Ziuzina, D., Patil, S., Cullen, P.J., Keener, K.M. & Bourke, P. (2014). Atmospheric cold plasma inactivation of *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* inoculated on fresh produce. *Food Microbiology*, 42, 109–116



.

## BÖLÜM 8

### BAĞCILIKTA IŞIK KALİTESİ VE UV YÖNETİMİNİN FENOLİK BİLEŞİKLER ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Damla YÜKSEL KÜSKÜ<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17572335>

<sup>1</sup>Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, MYO, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Bilecik, Türkiye.  
damla.yuksel@bilecik.edu.tr, Orcid: 0000-0001-5398-1146



## 1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliğinin etkilerinin belirginleştiği son yıllarda, bağcılık sektörü hem üretim hem de kalite açısından ciddi çevresel baskılarla karşı karşıya kalmıştır. Artan sıcaklıklar, düzensiz yağış rejimleri ve özellikle artan ultraviyole (UV) radyasyon düzeyleri, *Vitis vinifera* çeşitlerinde fizyolojik ve metabolik süreçleri yeniden şekillendirmektedir (Delrot ve ark., 2020). Asma, ışık kalitesi ve miktarına son derece duyarlı bir tür olup, fotosentetik etkinlikten fenolik bileşik sentezine kadar birçok biyokimyasal süreci doğrudan bu çevresel parametrelerle ilişkilendirmektedir (Agati ve ark., 2013; Martinez-Lüscher ve ark., 2013). Özellikle UV-B dalga boyu (280-315 nm) bitkilerde bir stres faktörü olmanın yanı sıra, fenolik metabolizmayı uyarak meyve kalitesini artıran bir sinyal görevi de üstlenmektedir (Kataria ve ark., 2014).

Işık kalitesi, yalnızca asmanın fizyolojik tepkilerini değil, aynı zamanda fenolik bileşiklerin dokuya özgü sentez ve birikim dinamiklerini de etkilemektedir. Flavonoidler, stilbenler ve fenolik asitler gibi sekonder metabolitler, UV radyasyonunun tetiklediği savunma mekanizmalarının merkezinde yer alır (Agati ve ark., 2020). Bu bileşikler, reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimini dengeleyerek antioksidan koruma sağlar ve aynı zamanda renk, aroma ve şarap kalitesi gibi ticari öneme sahip özelliklerin belirleyicisidir (Del-Castillo-Alonso ve ark., 2016). Özellikle kabuk dokusunda gerçekleşen flavonol birikimi, UV maruziyetiyle doğrudan ilişkilidir ve bu süreçte chalcone synthase (CHS), flavonol synthase (FLS) ve MYB12 gibi genlerin ekspresyonu kritik rol oynar (Falginella ve ark., 2010).

Günümüzde bağcılıkta “ışık yönetimi” (light management) kavramı, kalite optimizasyonu ve stres dayanımının artırılmasında yenilikçi bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. UV yansıtıcı zemin örtüleri (reflective mulches), yaprak alma uygulamaları, gölgeleme sistemleri ve fotospektral düzenleyici materyaller, asma mikroklimasını yönlendirerek fenolik metabolizmayı kontrol etme potansiyeli taşımaktadır (Caravia ve ark., 2016; Martinez-Lüscher ve ark., 2017). Özellikle reflective mulch uygulamaları, üzüm salkımı bölgesine düşen UV-A ve UV-B miktarını artırarak antosiyanin ve flavonol sentezini teşvik etmektedir (Doupis ve ark., 2020). Bu uygulamalar hem fenolik bileşik çeşitliliğini hem de toplam antioksidan kapasiteyi artırarak, şarap endüstrisi

açısından yüksek kaliteli hammadde üretimine katkı sağlamaktadır (Koyama ve ark., 2012).

Işık spektrumunun seçici manipülasyonu, yalnızca geleneksel bağ yönetiminde değil, aynı zamanda sera ve kontrollü ortam sistemlerinde de giderek artan bir araştırma konusudur. LED tabanlı sistemlerle gerçekleştirilen deneylerde, farklı dalga boylarının (özellikle mavi ve kırmızı ışığın) fenolik metabolizma üzerinde spesifik etkiler oluşturduğu gösterilmiştir (Reta ve ark., 2025). Bu bulgular, iklim değişikliğine uyumlu ve sürdürülebilir üretim sistemleri açısından büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla ışık kalitesi ve UV yönetimi, bağcılıkta yalnızca stres faktörlerini azaltmakla kalmamakta, aynı zamanda kaliteyi artıran bir tarımsal strateji olarak da değerlendirilmektedir (Cataldo ve ark., 2021).

Bu bağlamda, son yıllarda yapılan çalışmalar, ışık yönetiminin fenolik bileşik profili üzerindeki çok yönlü etkilerini kapsamlı biçimde ortaya koymuştur. Bu derlemede, ışık kalitesinin asma fizyolojisine etkileri, UV-B radyasyonunun fenolik metabolizmadaki düzenleyici rolü ve bağcılıkta kullanılan modern ışık yönetimi uygulamaları literatür desteğiyle incelenecek; son olarak da sürdürülebilir üretim açısından geleceğe yönelik öneriler tartışılacaktır.

## 2. IŞIK KALİTESİ VE ASMA FİZYOLOJİSİ

Işık, bitki fizyolojisinde yalnızca bir enerji kaynağı değil, aynı zamanda gelişim, morfoloji ve metabolik düzenlemelerde rol alan temel bir çevresel sinyaldir. *Vitis vinifera* türlerinde ışığın yoğunluğu, dalga boyu ve süresi; yaprak morfogenezi, fotosentetik etkinlik, karbon metabolizması ve sekonder bileşik sentezi üzerinde belirleyici etkilere sahiptir (Lan, 2025). Özellikle bağ ekosistemlerinde, güneş ışığının spektral bileşimi, asmanın mikrokliması ve fenolojik evreleriyle dinamik bir etkileşim içindedir (Martinez-Lüscher ve ark., 2017).

Asmaların ışığa yanıtını düzenleyen temel fotoreseptör aileleri; fitokrom, kriptokrom, fototropin ve UVR8 proteinleridir (Ouzounis ve ark., 2015). Fitokromlar, kırmızı ve kırmızı ötesi ışık oranlarını algılayarak gövde uzaması ve yaprak gelişimini yönlendirir. Kriptokrom ve fototropinler mavi ışığa duyarlıdır ve fototropizma, stomal açılma, kloroplast hareketi gibi süreçlerde rol oynar (Jenkins, 2017). Bununla birlikte, bağcılık açısından en kritik reseptör

olan UVR8, UV-B radyasyonuna özgü bir sensör olarak fenolik metabolizmayı tetikleyen temel sinyal yolunu aktive eder (Carbonell-Bejerano ve ark., 2014; Liu ve Jenkins, 2025).

UVR8 fotoreseptörü, UV-B ışığına maruz kaldığında dimer formundan monomer forma geçerek ELONGATED HYPOCOTYL 5 (HY5) transkripsiyon faktörünü aktive eder (Podolec ve ark., 2021). HY5, flavonoid biyosentezinde görev alan anahtar genlerin—özellikle chalcone synthase (CHS), flavonol synthase (FLS), phenylalanine ammonia lyase (PAL) ve MYB12—transkripsiyonunu artırarak fenolik birikimi uyarır (Falginella ve ark., 2010; Agati ve ark., 2020). Bu sinyalleme zinciri, asmalarda UV korumasını güçlendirirken, aynı zamanda şaraplık üzüm çeşitlerinde renk yoğunluğu ve antioksidan kapasitenin artmasını sağlar (Koyama ve ark., 2012; Del-Castillo-Alonso ve ark., 2020).

Işık spektrumu yalnızca UV bandıyla sınırlı olmayıp, görünür dalga boylarının da (özellikle mavi ve kırmızı ışık) fenolik bileşiklerin sentezini etkilediği birçok çalışmada ortaya konmuştur. Mavi ışığın flavonol sentezini, kırmızı ışığın ise antosiyanin birikimini teşvik ettiği bildirilmektedir (Csepregi ve ark., 2016; Reta ve ark., 2025). Bu bulgular, ışık kalitesinin fenolik metabolizmanın yönünü tayin eden önemli bir çevresel faktör olduğunu göstermektedir.

Bağcılıkta ışıkla ilişkili mikroklimatik farklılıklar, salkım bölgesinde fotosentetik etkin radyasyon (PAR) ve UV yoğunluğu arasındaki oranı değiştirerek meyve bileşimini doğrudan etkiler (Martinez-Lüscher ve ark., 2013). Yüksek ışık maruziyeti, kabukta flavonol ve stilben birikimini artırırken, aşırı radyasyon oksidatif stres yaratabilir; bu da antioksidan enzim aktivitelerinin (SOD, CAT, APX) artışıyla dengelenir (Doupis ve ark., 2016). Dolayısıyla ışık kalitesi, asma fizyolojisinde hem sinyal hem stres faktörü olarak çift yönlü bir role sahiptir.

Son yıllarda, “ışık yönetimi” stratejileri, özellikle fenolik kaliteyi optimize etmek ve stres toleransını artırmak amacıyla giderek daha fazla uygulanmaktadır. Kanopi yönetimi, yaprak alma ve reflektif zemin örtüleri gibi uygulamalar, salkım mikroikliminde ışık spektrumunu ve yoğunluğunu modifiye ederek fotoreseptör yanıtlarını yönlendirmektedir (Cataldo ve ark., 2021; Marigiano ve ark., 2022). Bu uygulamalar, asma fizyolojisinin doğal ışık

sinyallerine adaptasyon kabiliyetini güçlendirirken, çevresel stres koşullarında kalite kayıplarını minimize etme potansiyeli taşımaktadır.

### 3. UV-B RADYASYONUNUN SEKONDER METABOLİZMA ÜZERİNDEKİ ROLÜ

Ultraviyole-B (UV-B; 280-315 nm) radyasyonu, asma fizyolojisinde hem stres faktörü hem de sinyal bileşeni olarak iki yönlü etkiye sahiptir. Düşük ve orta düzeyde UV-B maruziyeti, sekonder metabolizmayı uyararak fenolik bileşiklerin sentezini teşvik ederken; yüksek dozlarda DNA hasarı, protein oksidasyonu ve fotosentetik baskı gibi zararlı etkiler ortaya çıkabilir (Kataria ve ark., 2014). Bu çift yönlü etki, bitkinin UV algılayıcı sistemiyle düzenlenir ve savunma mekanizmalarının bir parçası olarak antioksidan bileşiklerin üretimini tetikler (Jenkins, 2017).

Asmalarda UV-B uyarımı, phenylpropanoid yolunun aktivasyonu üzerinden fenolik bileşik birikimini artırır. Phenylalanine ammonia lyase (PAL), kafeik asit-O-metiltransferaz (COMT), chalcone synthase (CHS) ve stilbene synthase (STS) genleri UV-B ışığı altında transkripsiyonel olarak indüklenir (Agati ve ark., 2020; Falginella ve ark., 2010). Bu genlerin aktivasyonu sonucunda flavonoller (örneğin quercetin, kaempferol), stilbenler (örneğin resveratrol) ve fenolik asitler gibi bileşikler artış gösterir (Tahmaz ve Yüksel Küskü, 2022). Bu bileşikler hem UV-B'nin zararlı etkilerini absorbe ederek fotoproteksiyon sağlar hem de reaktif oksijen türlerinin (ROS) neden olduğu oksidatif zararı sınırlar (Loyola ve ark., 2016).

Birçok çalışma, UV-B maruziyetiyle artan fenolik sentezin özellikle meyve kabuğunda yoğunlaştığını bildirmiştir. Koyama ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, UV-B uygulamasının *Vitis vinifera* kabuğunda flavonol birikimini %40 oranında artırdığı ve bunun FLS ile MYB12 gen ekspresyonlarındaki yükselme ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, Alonso ve ark. (2016), UV-B radyasyonunun antioksidan enzim aktivitelerini (SOD, CAT, APX) yükselttiğini ve bu enzimatik savunmanın fenolik yanıtla paralel ilerlediğini göstermiştir.

Son yıllarda yapılan transkriptomik analizler, UV-B'ye yanıtın yalnızca fenolik sentez genleriyle sınırlı olmadığını, aynı zamanda hormon sinyalleme ağlarıyla (örneğin jasmonat ve salisilat yolları) da bağlantılı olduğunu göstermektedir (O'Hara ve ark., 2019; Rai ve ark., 2021). Bu, UV-B'nin bitkide

bir “stres hafızası” oluşturarak uzun süreli metabolik adaptasyonlara yol açabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, UV-B’nin düşük dozlarda uygulanması, salkım gelişim dönemlerinde kalite parametrelerini artırmak amacıyla “kontrollü stres” stratejisi olarak değerlendirilmektedir (Cataldo ve ark., 2021; Martinez-Lüscher ve ark., 2024).

UV-B’nin sekonder metabolizma üzerindeki etkileri yalnızca bileşik miktarındaki artışla sınırlı değildir; aynı zamanda bileşimsel profilde de kaymalara neden olur. Örneğin, flavonol/flavonon oranının değişmesi veya stilben homologlarının farklılaşması, şarap aromasının, renginin ve antioksidan kapasitesinin değişmesinde rol oynar (Del-Castillo-Alonso ve ark., 2021). Böylece UV-B yönetimi, hem bitkinin savunma kapasitesini güçlendiren hem de şarap kalitesini şekillendiren bir ekofizyolojik araç hâline gelmiştir.

#### **4. BAĞCILIKTA UV YÖNETİMİ UYGULAMALARI**

Bağcılıkta ışık yönetimi, bitkinin morfolojik gelişimi, metabolik dengesi ve ürün kalitesini optimize etmeyi amaçlayan yenilikçi bir strateji olarak son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Özellikle UV radyasyonunun kontrollü yönetimi, fenolik bileşik birikimini artırarak hem stres toleransını hem de şaraplık üzüm kalitesini iyileştiren bir araç haline gelmiştir (Matese ve ark., 2012). Bu kapsamda, UV yansıtıcı zemin örtüleri, yaprak alma uygulamaları, gölgeleme sistemleri ve renkli ağlarla ışık manipülasyonu gibi yöntemler, asma mikroklimasını düzenleyerek fenolik metabolizmanın doğal akışını yönlendirmektedir (Pallotti ve ark., 2023).

##### **4.1. UV Yansıtıcı Zemin Örtüleri (Reflective Mulches)**

UV yansıtıcı zemin örtüleri, özellikle salkım bölgesine düşen UV-A ve UV-B ışıınım miktarını artırmak için tasarlanmıştır. Beyaz veya alüminyum bazlı polietilen filmler, alt yaprak katmanlarına ve salkım bölgesine yansıyan ışığı yönlendirerek fenolik sentezi teşvik eder (Martinez-Lüscher ve ark., 2013; Martinez-Lüscher, 2015). Tempranillo çeşidinde reflective mulch uygulamasının antosiyanin konsantrasyonunu %25 oranında artırdığını, flavonol sentezinde ise FLS gen ekspresyonunu belirgin şekilde yükselttiğini bildirmiştir

Bu uygulama, özellikle düşük ışık alan bağlarda ve yoğun kanopi yapısına sahip çeşitlerde (örneğin Cabernet Sauvignon, Syrah) oldukça etkilidir. Ayrıca reflective mulch kullanımının pestisit gereksinimini azalttığı,



toprak nemini koruduğu ve böylece sürdürülebilir bağcılık açısından çevresel fayda sağladığı da rapor edilmiştir (Cataldo ve ark., 2021).

#### 4.2. Gölgeleme ve Yaprak Alma Uygulamaları

Gölgeleme sistemleri, genellikle yüksek sıcaklık ve radyasyon koşullarında meyve yanıklarını önlemek amacıyla kullanılır; ancak ışığın spektral bileşimi üzerindeki etkisi de dikkate değerdir. Renkli gölgeleme ağları (örneğin kırmızı, mavi veya beyaz netler), farklı dalga boylarını filtreleyerek meyve bölgesine ulaşan foton akısını değiştirir (Reta ve ark., 2025). Mavi ağlar flavonol sentezini, kırmızı ağlar ise antosiyanin birikimini destekler (Koyama ve ark., 2012).

Yaprak alma (defoliation) uygulamaları ise salkım bölgesindeki mikroklimayı düzenleyerek ışık penetrasyonunu artırır. Özellikle çiçeklenme sonrası veya ben düşme döneminde yapılan yaprak alma, kabukta flavonol ve stilben üretimini artırırken, aşırı yaprak alımı ise fenolik stabiliteyi olumsuz etkileyebilir (Basile ve ark., 2015). Martinez-Lüscher ve ark. (2017)'nin çalışmasında, orta yoğunlukta yapılan yaprak alımının toplam antosiyanin miktarını artırırken, aşırı yaprak almanın fenolik asit birikimini azalttığı gösterilmiştir.

#### 4.3. Işık Spektrumu Manipülasyonu ve LED Teknolojileri

Son yıllarda, LED tabanlı ışık sistemleri, bağcılık araştırmalarında fenolik metabolizmayı yönlendiren modern araçlar olarak öne çıkmıştır. Kontrollü ortamda yapılan çalışmalarda, mavi ve UV zengin LED ışıkları altında yetiştirilen asmalarda CHS ve PAL gen ekspresyonunun yükseldiği, fenolik içerik ve antioksidan aktivitenin belirgin şekilde arttığı bildirilmiştir (Blancquaert ve ark., 2019; Del-Castillo-Alonso ve ark., 2020). Bu yaklaşım, sera koşullarında veya erken dönem fidan üretiminde fenolik kapasiteyi güçlendirmek için umut verici bir yöntemdir.

LED tabanlı sistemlerin avantajı, ışık dalga boylarının hassas biçimde kontrol edilebilmesi ve yıl boyunca standardize edilmiş bir spektral ortam sağlanabilmesidir. Böylece üretici, ışık kalitesiyle fenolik kompozisyonu doğrudan optimize etme imkânı bulur (Reta ve ark., 2025).

#### 4.4. Sürdürülebilirlik Perspektifi

UV yönetimi uygulamaları yalnızca kalite artışı sağlamamakta, aynı zamanda bağcılıkta ekolojik sürdürülebilirliği de desteklemektedir. Işık manipülasyonuna dayalı sistemler, pestisit kullanımını azaltarak ekosistem sağlığını korur, ayrıca daha düşük enerji girdisiyle üretim yapma olanağı sunar (Cataldo ve ark., 2021). Özellikle UV-reflektif materyallerin yeniden kullanılabilir versiyonları ve biyobozunur ağ sistemleri, çevre dostu bağcılığın geleceği açısından stratejik öneme sahiptir.

Sonuç olarak, bağcılıkta UV yönetimi uygulamaları, fenolik metabolizmayı yönlendiren güçlü araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu uygulamalar, geleneksel tarımsal yaklaşımlardan farklı olarak, ışığı bir üretim girdisi olarak değerlendiren modern bir paradigma sunmakta; kalite, sürdürülebilirlik ve çevresel dengeyi aynı potada birleştirmektedir.

#### 5. FENOLİK PROFİLLER VE ŞARAP KALİTESİ İLİŞKİSİ

Fenolik bileşikler, üzüm meyvesinin ve dolayısıyla şarabın duyuşal, kimyasal ve besinsel özelliklerini şekillendiren en önemli sekonder metabolit grubunu oluşturur. Özellikle antosiyaninler, flavonoller, fenolik asitler ve tanenler; şarapta renk, aroma, burukluk (astringency) ve antioksidan kapasitenin temel belirleyicileridir (Bogs ve ark., 2005; Castillo-Muñoz ve ark., 2007). Bu bileşiklerin sentez ve birikim dinamikleri, çevresel koşullar ve bağ yönetimi uygulamalarıyla yakından ilişkilidir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, özellikle UV yönetimi stratejilerinin, şaraplık üzüm çeşitlerinde fenolik profilin niteliksel ve niceliksel bileşimini doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur.

Fenolik metabolizmanın ışıkla etkileşimi, öncelikle flavonoid biyosentez yolu üzerinden gerçekleşir. Chalcone synthase (CHS) enziminin aktivasyonu ile başlayan bu yol, flavonol synthase (FLS) ve dihydroflavonol reductase (DFR) gibi enzimlerin koordineli çalışmasıyla antosiyanin ve flavonol türevlerinin sentezine yol açar (Agati ve ark., 2020). UV-B radyasyonuna maruz kalan üzümlerde, bu genlerin ekspresyon seviyelerinin artması sonucu antosiyanin (malvidin, cyanidin, delphinidin) ve flavonol (quercetin, kaempferol, myricetin) miktarlarında önemli artışlar gözlenmektedir (Koyama ve ark., 2012; Doupis ve ark., 2020).

Bu bileşikler, yalnızca antioksidan savunmada değil, aynı zamanda şarabın renk stabilitesi ve duyuşal profili üzerinde de belirleyicidir.

Antosiyaninlerin fenolik asitlerle (özellikle gallik, kafeik ve p-kumarik asit) kompleks oluşturması, şarabın yaşlanma sürecinde renk dayanıklılığını artırır (Kennedy ve ark., 2002). Flavonoller ise hem fotoprotektif pigmentler olarak hem de ko-pigmentasyon yoluyla renk yoğunluğunu destekleyici bileşikler olarak görev yapar (Agati ve ark., 2013).

Işık yönetimi uygulamaları, bu bileşiklerin birikim dengesini optimize etmede güçlü araçlardır. Martinez-Lüscher ve ark. (2013)'nin çalışmasında, reflective mulch uygulamasıyla yetiştirilen Tempranillo üzümünde toplam fenolik içerikte %30'a varan artışlar rapor edilmiştir. Aynı şekilde, Caravia ve ark. (2016) yüksek sıcaklık koşullarında renk kaybını azaltmak amacıyla yapılan gölgeleme uygulamalarının, şarapta antosiyanin/tanen oranını koruduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, UV yönetiminin yalnızca bitki fizyolojisi değil, aynı zamanda şarap kalitesi ve tüketici algısı üzerinde de etkili bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

Şarap kalitesinin kimyasal belirteçleri arasında toplam fenolik içerik, toplam antosiyanin miktarı ve toplam antioksidan kapasite en yaygın kullanılan parametrelerdir. UV maruziyetinin kontrollü şekilde artırılmasıyla bu parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı yükselmeler kaydedilmiştir (Savoi ve ark., 2016). Ayrıca, artan flavonol düzeylerinin şarabın aromatik karmaşıklığını güçlendirdiği ve duyuşsal analizlerde meyvemsi aroma yoğunluğunu artırdığı bildirilmiştir (Falginella ve ark., 2010).

Sonuç olarak, fenolik bileşik profili ile şarap kalitesi arasındaki ilişki, çevresel yönetim uygulamalarının yönlendirilmesiyle optimize edilebilir. UV yönetimi temelli stratejiler, yalnızca stres azaltma değil, aynı zamanda aroma, renk ve fenolik zenginlik açısından ürün kalitesini artırma potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda, ışığın yönlendirilmesiyle fenolik bileşimde elde edilen farklılıklar, gelecekte “ışık-temelli kalite optimizasyonu” kavramının bağcılıkta yeni bir üretim standardı haline gelmesini mümkün kılmaktadır.

## 6. GELECEK PERSPEKTİFLERİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

İklim değişikliğinin etkilerinin giderek derinleştiği günümüzde, bağcılık sektörü daha dayanıklı, çevre dostu ve kalite odaklı üretim modellerine yönelmektedir. Bu bağlamda, ışık kalitesinin yönetimi, yalnızca stres faktörlerinin azaltılmasını değil, aynı zamanda üzüm kalitesinin sürdürülebilir

biçimde artırılmasını hedefleyen yeni bir paradigma sunmaktadır (Cataldo ve ark., 2021).

Gelecekte bağcılıkta ön plana çıkması beklenen yaklaşımların başında akıllı bağcılık sistemleri (smart viticulture) gelmektedir. Bu sistemlerde, sensörler aracılığıyla güneş ışığı, UV yoğunluğu, sıcaklık ve nem gibi çevresel veriler anlık olarak izlenmekte; yapay zekâ tabanlı modellerle optimum ışık yönetimi sağlanabilmektedir (Cesco ve ark., 2021). Böylece üretici, fenolik metabolizmanın tetiklenmesi için ideal mikroklimayı oluşturabilir ve kalite kayıplarını minimize edebilir.

Ayrıca LED ve UV modülasyon teknolojileri, sera ve yarı-kapalı sistemlerde yeni bir araştırma alanı olarak hızla gelişmektedir. Özellikle dalgaboyuna duyarlı LED kombinasyonları (örneğin UV-B + mavi ışık) ile fenolik bileşik sentezinin yönlendirilebildiği; antosiyanin, stilben ve flavonol üretiminin hassas şekilde kontrol edilebildiği gösterilmiştir (Reta ve ark., 2025). Bu yaklaşım, iklim değişikliğine bağlı stresleri azaltırken, enerji verimliliği ve sürdürülebilir üretim açısından da avantaj sağlamaktadır.

Geleceğin bağcılığı aynı zamanda biyoteknolojik ve moleküler araçların entegrasyonunu da içerecektir. Transkriptomik, proteomik ve metabolomik analizlerin kullanıldığı çok yönlü çalışmalar, ışık sinyalleme yolları ile fenolik metabolizma arasındaki karmaşık ilişkilerin çözülmesini sağlayacaktır (Jenkins, 2009; Savoi ve ark., 2016). Bu bilgiler, özellikle “ışık tepkisel genetik profillerin” belirlenmesi yoluyla, iklim streslerine dayanıklı yeni üzüm genotiplerinin geliştirilmesine öncülük edebilir.

Sürdürülebilirlik açısından ise, UV yönetimi uygulamaları çevresel etkiyi azaltan önemli bir strateji sunmaktadır. Reflektif materyallerin geri dönüştürülebilir veya biyobozunur versiyonlarının geliştirilmesi, pestisit kullanımının azaltılması ve enerji girdisinin düşürülmesiyle hem karbon ayak izi hem de üretim maliyetleri azaltılabilmektedir (Cataldo ve ark., 2021). Ayrıca, ışık yönetimiyle elde edilen doğal fenolik zenginleşme, şarap üretiminde ilave katkı maddesi gereksinimini azaltarak “temiz üretim” konseptine hizmet etmektedir (Del-Castillo-Alonso ve ark., 2020).

Sonuç olarak, geleceğin bağcılığı; veri odaklı, çevreyle uyumlu ve ışık temelli üretim stratejileri üzerine kurulmaktadır. Bu stratejiler, hem bitki sağlığını hem de ürün kalitesini koruyarak bağcılığı daha dirençli ve sürdürülebilir bir hale getirecektir.

## 7. SONUÇ

Işık kalitesi ve UV yönetimi, modern bağcılığın hem bilimsel hem pratik açıdan en yenilikçi araçlarından biri haline gelmiştir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, uygun dalga boyu ve yoğunlukta UV maruziyetinin *Vitis vinifera*'da fenolik bileşik sentezini teşvik ettiğini, oksidatif stresi dengelediğini ve üzüm ile şarap kalitesini anlamlı düzeyde artırdığını göstermektedir (Agati ve ark., 2020; Koyama ve ark., 2012; Del-Castillo-Alonso ve ark., 2020).

UV yansıtıcı zemin örtüleri, gölgeleme sistemleri ve LED tabanlı ışık modülasyonları, bitki mikroklimasını optimize ederek flavonoid, stilben ve fenolik asit bileşiklerinin birikimini yönlendirmektedir. Bu uygulamalar, bağcılıkta ışığın yalnızca bir çevresel etmen değil, aynı zamanda kaliteyi belirleyen bir üretim girdisi olduğunu ortaya koymaktadır (Martinez- ve ark., 2017; Cataldo ve ark., 2021).

Gelecekte, ışık yönetimi stratejilerinin akıllı sensör sistemleri, biyobozunur materyaller ve dijital tarım teknolojileri ile bütünleştirilmesi; bağcılığı hem ekonomik hem ekolojik açıdan dönüştürecektir. Fenolik bileşik profillerinin optimize edilmesi, yalnızca yüksek kaliteli şarap üretimini değil, aynı zamanda doğal antioksidan kapasitesi yüksek ürünlerin geliştirilmesini de mümkün kılacaktır.

Sonuç olarak, ışık kalitesinin yönlendirilmesi — özellikle UV spektrumunun bilinçli kullanımı — bağcılığın geleceğinde kalite, sürdürülebilirlik ve çevresel sorumluluk üçgeninde stratejik bir bileşen olarak öne çıkmaktadır. Işıkla yönlendirilen fenolik metabolizma hem bilimsel anlamda hem de uygulamalı bağcılık pratiğinde yeni bir çağın kapılarını aralamaktadır.

## KAYNAKLAR

- Agati, G., Brunetti, C., Di Ferdinando, M., Ferrini, F., Pollastri, S. & Tattini, M. (2013). Functional roles of flavonoids in photoprotection: new evidence, lessons from the past. *Plant Physiology and Biochemistry*, 72, 35-45.
- Agati, G., Brunetti, C., Fini, A., Gori, A., Guidi, L., Landi, M., ... & Tattini, M. (2020). Are flavonoids effective antioxidants in plants? Twenty years of our investigation. *Antioxidants*, 9(11), 1098.
- Alonso, R., Berli, F.J., Piccoli, P. & Bottini, R. (2016). Ultraviolet-B radiation, water deficit and abscisic acid: a review of independent and interactive effects on grapevines. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 28(1), 11-22.
- Basile, B., Caccavello, G., Giaccone, M. & Forlani, M. (2015). Effects of early shading and defoliation on bunch compactness, yield components, and berry composition of Aglianico grapevines under warm climate conditions. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(2), 234-243.
- Blancquaert, E.H., Oberholster, A., Ricardo-da-Silva, J.M. & Deloire, A.J. (2019). Effects of abiotic factors on phenolic compounds in the Grape Nerry-a review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 40(1), 1-14.
- Bogs, J., Downey, M.O., Harvey, J.S., Ashton, A.R., Tanner, G.J. & Robinson, S.P. (2005). Proanthocyanidin synthesis and expression of genes encoding leucoanthocyanidin reductase and anthocyanidin reductase in developing grape berries and grapevine leaves. *Plant Physiology*, 139(2), 652-663.
- Caravia, L., Collins, C., Petrie, P.R. & Tyerman, S.D. (2016). Application of shade treatments during Shiraz berry ripening to reduce the impact of high temperature. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 22(3), 422-437.
- Carbonell-Bejerano, P., Diago, M.P., Martínez-Abaigar, J., Martínez-Zapater, J.M., Tardáguila, J. & Núñez-Olivera, E. (2014). Solar ultraviolet radiation is necessary to enhance grapevine fruit ripening transcriptional and phenolic responses. *BMC Plant Biology*, 14(1), 183.

- Castillo-Muñoz, N., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E. & Hermosín-Gutiérrez, I. (2007). Flavonol profiles of *Vitis vinifera* red grapes and their single-cultivar wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(3), 992-1002.
- Cataldo, E., Fucile, M. & Mattii, G.B. (2021). A review: Soil management, sustainable strategies and approaches to improve the quality of modern viticulture. *Agronomy*, 11(11), 2359.
- Cesco, S., Pii, Y., Borruso, L., Orzes, G., Lugli, P., Mazzetto, F., ... & Mimmo, T. (2021). A smart and sustainable future for viticulture is rooted in soil: How to face Cu toxicity. *Applied Sciences*, 11(3), 907.
- Csepregi, K., Neugart, S., Schreiner, M. & Hideg, É. (2016). Comparative evaluation of total antioxidant capacities of plant polyphenols. *Molecules*, 21(2), 208.
- Del-Castillo-Alonso, M.Á., Diago, M.P., Tomás-Las-Heras, R., Monforte, L., Soriano, G., Martínez-Abaigar, J. & Núñez-Olivera, E. (2016). Effects of ambient solar UV radiation on grapevine leaf physiology and berry phenolic composition along one entire season under Mediterranean field conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 109, 374-386.
- Del-Castillo-Alonso, M.Á., Monforte, L., Tomás-Las-Heras, R., Martínez-Abaigar, J. & Núñez-Olivera, E. (2020). Phenolic characteristics acquired by berry skins of *Vitis vinifera* cv. Tempranillo in response to close-to-ambient solar ultraviolet radiation are mostly reflected in the resulting wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(1), 401-409.
- Del-Castillo-Alonso, M.Á., Monforte, L., Tomás-Las-Heras, R., Martínez-Abaigar, J. & Núñez-Olivera, E. (2021). To what extent are the effects of UV radiation on grapes conserved in the resulting wines?. *Plants*, 10(8), 1678.
- Delrot, S., Grimplet, J., Carbonell-Bejerano, P., Schwandner, A., Bert, P.F., Bavaresco, L., ... & Vezzulli, S. (2020). Genetic and genomic approaches for adaptation of grapevine to climate change. In *Genomic designing of climate-smart fruit crops* (pp. 157-270).
- Doupis, G., Bosabalidis, A.M. & Patakas, A. (2016). Comparative effects of water deficit and enhanced UV-B radiation on photosynthetic capacity

- and leaf anatomy traits of two grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 28(1), 131-141.
- Doupis, G., Chartzoulakis, K.S., Taskos, D. & Patakas, A. (2020). The effects of drought and supplemental UV-B radiation on physiological and biochemical traits of the grapevine cultivar “Soultanina”. *Oeno One*, 54(4), 687-698.
- Falginella, L., Castellarin, S.D., Testolin, R., Gambetta, G.A., Morgante, M. & Di Gaspero, G. (2010). Expansion and subfunctionalisation of flavonoid 3', 5'-hydroxylases in the grapevine lineage. *BMC Genomics*, 11(1), 562.
- Jenkins, G.I. (2009). Signal transduction in responses to UV-B radiation. *Annual Review of Plant Biology*, 60, 407-431.
- Jenkins, G.I. (2017). Photomorphogenic responses to ultraviolet-B light. *Plant, Cell & Environment*, 40(11), 2544-2557.
- Kataria, S., Jajoo, A. & Guruprasad, K.N. (2014). Impact of increasing Ultraviolet-B (UV-B) radiation on photosynthetic processes. *Journal of photochemistry and photobiology B: biology*, 137, 55-66.
- Kennedy, J.A., Matthews, M.A. & Waterhouse, A.L. (2002). Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(4), 268-274.
- Koyama, K., Ikeda, H., Poudel, P.R. & Goto-Yamamoto, N. (2012). Light quality affects flavonoid biosynthesis in young berries of Cabernet Sauvignon grape. *Phytochemistry*, 78, 54-64.
- Lan, H. (2025). The Role of Canopy Management in Optimizing Grapevine Yield and Quality. *International Journal of Horticulture*, 15(3): 133-142.
- Liu, W. & Jenkins, G.I. (2025). Recent advances in UV-B signalling: interaction of proteins with the UVR8 photoreceptor. *Journal of Experimental Botany*, 76(3), 873-881.
- Loyola, R., Herrera, D., Mas, A., Wong, D.C.J., Höll, J., Cavallini, E., ... & Arce-Johnson, P. (2016). The photomorphogenic factors UV-B RECEPTOR 1, ELONGATED HYPOCOTYL 5, and HY5 HOMOLOGUE are part of the UV-B signalling pathway in grapevine and mediate flavonol accumulation in response to the environment. *Journal of Experimental Botany*, 67(18), 5429-5445.
- Marigliano, L.E., Yu, R., Torres, N., Tanner, J.D., Battany, M. & Kurtural, S. K. (2022). Photoselective shade films mitigate heat wave damage by



- reducing anthocyanin and flavonol degradation in grapevine (*Vitis vinifera* L.) berries. *Frontiers in Agronomy*, 4, 898870.
- Martinez-Lüscher, J.D. (2015). *Effects of UV-B radiation on grapevine (Vitis vinifera cv. Tempranillo) leaf physiology and berry composition, framed within the climate change scenario (water deficit, elevated CO<sub>2</sub> and elevated temperature*. PhD Thesis, University of Bordeaux, Bordeaux, France, University of Navarra, Pamplona, Spain.
- Martinez-Lüscher, J., Chen, C.C.L., Brillante, L. & Kurtural, S.K. (2017). Partial solar radiation exclusion with color shade nets reduces the degradation of organic acids and flavonoids of grape berry (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(49), 10693-10702.
- Martinez-Lüscher, J., Matus, J.T., Gomès, E. & Pascual, I. (2024). Toward understanding grapevine responses to climate change: a multi-stress and holistic approach. *Journal of Experimental Botany*, erae482.
- Martinez-Lüscher, J., Morales, F., Delrot, S., Sánchez-Díaz, M., Gomès, E., Aguirreolea, J. & Pascual, I. (2013). Short-and long-term physiological responses of grapevine leaves to UV-B radiation. *Plant Science*, 213, 114-122.
- Matese, A., Crisci, A., Di Gennaro, F. S., Fiorillo, E., Primicerio, J., Toscano, P., ... & Genesio, L. (2012). Influence of canopy management practices on vineyard microclimate: definition of new microclimatic indices. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63(3), 424-430.
- O'Hara, A., Headland, L.R., Díaz-Ramos, L.A., Morales, L.O., Strid, Å. & Jenkins, G.I. (2019). Regulation of Arabidopsis gene expression by low fluence rate UV-B independently of UVR8 and stress signaling. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 18(7), 1675-1684.
- Ouzounis, T., Razi Parjikolaei, B., Fretté, X., Rosenqvist, E., & Ottosen, C. O. (2015). Predawn and high intensity application of supplemental blue light decreases the quantum yield of PSII and enhances the amount of phenolic acids, flavonoids, and pigments in *Lactuca sativa*. *Frontiers in Plant Science*, 6, 19.
- Pallotti, L., Silvestroni, O., Dottori, E., Lattanzi, T., & Lanari, V. (2023). Effects of shading nets as a form of adaptation to climate change on grapes production: a review. *Oeno One*, 57(2), 467-476.

- Podolec, R., Demarsy, E. & Ulm, R. (2021). Perception and signaling of ultraviolet-B radiation in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 72(1), 793-822.
- Rai, N., Morales, L.O. & Aphalo, P.J. (2021). Perception of solar UV radiation by plants: photoreceptors and mechanisms. *Plant Physiology*, 186(3), 1382-1396.
- Reta, K., Netzer, Y., Lazarovitch, N. & Fait, A. (2025). Canopy management practices in warm environment vineyards to improve grape yield and quality in a changing climate. A review A vademecum to vine canopy management under the challenge of global warming. *Sci. Hortic*, 341, 113998.
- Savoi, S., Wong, D.C., Arapitsas, P., Miculan, M., Bucchetti, B., Peterlunger, E., ... & Castellarin, S.D. (2016). Transcriptome and metabolite profiling reveals that prolonged drought modulates the phenylpropanoid and terpenoid pathway in white grapes (*Vitis vinifera* L.). *BMC Plant Biology*, 16(1), 67.
- Tahmaz, H., & Yüksel Küskü, D. (2022). Does uv light affect the total phenolic compound, anthocyanin, antioxidant capacity, and sensory profiles in wines?. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(6), 3567-3577.



## BÖLÜM 9

### ANKARA İLİ'NİN NALLIHAN İLÇESİ'NDE KUŞKONMAZ YETİŞTİRİCİLİĞİ

Ziraat Müh. Hatice KOÇ<sup>1\*</sup>  
Doç. Dr. Selen AKAN KARACA<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17572386>

<sup>1</sup>T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Beştepe Kampüsü, Beştepe, Yenimahalle, Ankara, Türkiye  
hatice.koc@tarimorman.gov.tr, Orcid: 0009-0007-3632-8736

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye  
sakan@agri.ankara.edu.tr, Orcid: 0000-0002-2452-6483

\*Sorumlu yazar: hatice.koc@tarimorman.gov.tr



## 1. GİRİŞ

Kuşkonmaz (*Asparagus officinalis* L.) zengin besin içeriği ve benzersiz lezzetiyle bilinen bir sebze türüdür. Dünyada ilk olarak Doğu Akdeniz ve Doğuda Kafkas Dağlarına kadar uzanan bölgede yetiştirilerek buradan yayıldığına inanılmaktadır. Tarihte, Yunanlılar yiyecek ve ilaç olarak yabani formlarını kullanırken Romalılar kültür bitkisi olarak yetiştiriciliğini yapmıştır (Vural ve ark., 2000). Son yıllarda sağlıklı beslenme ve gastronomiye olan yönelim kuşkonmaza olan ilgiyi artırmıştır. Düşük kalorili olmasının yanı sıra lif bakımından da zengindir. Potasyum içeriği sayesinde kalp sağlığını desteklerken böbreklerin işlevini sağlıklı sürdürmesine de yardımcı olur. Aynı zamanda kemik sağlığını koruyan K vitamini ve folik asit gibi önemli besin maddelerini içerir (Alan, 2023).

Üretim verileri incelendiğinde; Dünya kuşkonmaz üretimi 2023 yılında 8.6 milyon ton, 2026 yılı itibarıyla da 10.7 milyon tona ulaşması öngörülmektedir (Saner ve ark., 2023). Çin 7.4 milyon tonluk üretim ile Dünyada lider konumda olup, bu ülkeyi Peru, Meksika ve Almanya izlemektedir (FAO, 2023). Türkiye’de ise 2024 yılında 2.387 ton üretilmiş, iller bazında bakıldığında Isparta 1.275 ton ile ilk sırada, Antalya 568 ton ile 2. sırada yer almıştır (TÜİK, 2024).

Ülkemiz, 3’ü endemik olmak üzere 10 kuşkonmaz genetik kaynağına sahiptir (Davis, 1984). Türkiye, kuşkonmaz üretiminde ekolojik avantaja sahip olmasına rağmen üretim yeterli düzeyde değildir. Nitekim, 16 ilde ticari olarak yetiştiricilik yapılmakta olup, diğer pek çok ilimizde de tarım potansiyeli araştırılmaktadır. Küçük ölçekli üretimi yapılan yerlerden biri de Ankara İli’nin Nallıhan İlçesi’dir.

### 1.1. Ankara İli’nin Nallıhan İlçesi

Nallıhan’ın Doğusunda Beypazarı, Kuzeyinde Bolu’nun Seben, Mudurnu ve Göynük ilçeleri, Batısında Eskişehir’in Sarıcakaya ve Güneyinde ise Mihalicçık ilçesi yer almaktadır. Doğu tarafı dağlarla çevrili olup Nallıhan Çayı etrafında kurulmuştur. Nallıhan il merkezine 160 km uzaklıkta, deniz seviyesinden 625 m yüksekliktedir ve yüzölçümü 2088 km<sup>2</sup>’dir. Kuşkonmaz sebzesi Nallıhan’ın batısında 60 km uzaklıkta yer alan Tekirler Mahallesi’nde yetiştirilmektedir.

## 1.2. Arazi ve Toprak Yapısı

Nallıhan İlçesi'ndeki toprak yapıları farklılık göstermektedir, çok verimli ve alüvyonlu alanlar olduğu gibi ağır topraklar (yoğun killi-kireçli) da bulunmaktadır. Meyve ve sebze tarımı Sakarya Nehri, Nallıhan Çayı ve Aladağ Çayı etrafındaki tarlalarda yapılmaktadır. Kuşkonmaz yetiştiriciliği yapılan Tekirler Mahallesi, Nallıhan'ın Batı sınırlarında yer almaktadır (Şekil 1). Aynı zamanda coğrafi konumu gereği çok kısa mesafelerde yeryüzü şekillerinde belirgin değişiklikler görülmektedir. Kuşkonmaz tarımı için kullanılan tarım arazisi, çevresini tamamıyla kuşatan yüksek tepeler sayesinde rüzgarla oluşabilecek erozyona ve rüzgârın yan etkilerine karşı korunaklı bir bölgede yer almaktadır.



Şekil 1. Tekirler Mahallesi kuşkonmaz tarlası (Orijinal: Koç, H.)

## 2. KUŞKONMAZ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KÜLTÜREL İŞLEMLER

### 2.1. Tohum ve Fide Kullanımı

Tekirler Mahallesi'nde kuşkonmaz tarımı, yerli tohumlarla yapılan ilk denemelerle başlamıştır. Ancak, hasat döneminde beklenen verim alınamamış ve beraberinde kalite kaybı (zayıf büyüme, az etli ve kısa boylu olma) ile karşılaşılması, üreticileri yerli tohum kullanımından uzaklaştırmıştır. Bölge'de distribütörlüğü Nomad Tarım A.Ş. tarafından yapılan Hollanda menşeli 'Vegalım' hibrit çeşidi (Limgroup B.V.) tercih edilmektedir. Nitekim, Hollanda, kuşkonmaz yetiştiriciliğinde uzun yıllara dayanan deneyimleri ve gelişmiş ıslah yöntemleri ile bilinmektedir. Tekirler Mahallesindeki üreticilerin

yüksek verim ve kalitenin sürdürülebilirliğini sağlamak için hibrit tohum seçiminde baz aldığı kriterler aşağıdaki gibidir:

- Tür
- Erkencilik
- Verimlilik
- Kapalı uç: kuşkonmaz bitkisinin uç kısmındaki yaprakların kapalı olması (Şekil 2), ürün kalitesini artırır. Kapalı uçlar, ürünlerin daha uzun süre taze kalmasını sağlar ve taşıma sırasında hasar riskini azaltır.



Şekil 2. Kapalı uçlu (sol) ve açık uçlu (sağ) kuşkonmaz örnekleri (Orijinal: Koç, H.)

- Kök kalınlığı ve kalitesi
- Tekdüzelik: Kuşkonmaz bitkisinin her zaman aynı formda ve şekilde ürün vermesi, pazarlama ve tüketici taleplerini karşılamak için önemlidir. Tekdüzeliğe aykırı ürün pazarlama dışıdır (Şekil 3).



Şekil 3. Tekdüzeliğe aykırı şekil bozukluğuna ait görünüm (Orijinal: Koç, H.)



Bölge’de kuşkonmaz yetiştiriciliği için ithal tohumların maliyetinin yüksek olması nedeniyle tohumlar Antalya veya İzmir’de bulunan ticari fide firmalarına gönderilerek fide eldesi sonrası yetiştiricilik yapılmaktadır. Hazır fideler dikim zamanına kadar uygun koşullarda bekletilir.

## 2.2. Toprak Hazırlığı ve Dikim

Toprak hazırlığı sürecinde, toprağın iyi drenajlı, humus ve besin maddeleri bakımından zengin olması önemlidir (Turan, 2019). Ayrıca, organik ve mineral gübrelerin kullanımı, bitkinin besin ihtiyacını karşılar ve verimliliği artırır. Ağır killi topraklar, kök gelişimini engelleyebilir ve su birikimine neden olabilir, bu da bitki hastalıklarına ve verim kaybına yol açabilir.

Tekirler Mahallesi’nde kuşkonmaz tarımı yapılan arazinin çevresindeki yüksek tepelerden gelen yağmur ve kar sularının akış yolu üzerinde bulunması, toprak yönetimi açısından önemli zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Bu suların akışı, arazinin ortasından geçerek bazı bölgelerde birikintilere neden olmaktadır. Bu durum, suyun toprağı sıkıştırmasına ve toprakta havalanma eksikliğine yol açmaktadır. Üretici, bu sorunları çözmek için drenaj kanalları gibi yöntemlere başvurmuştur (Şekil 4).

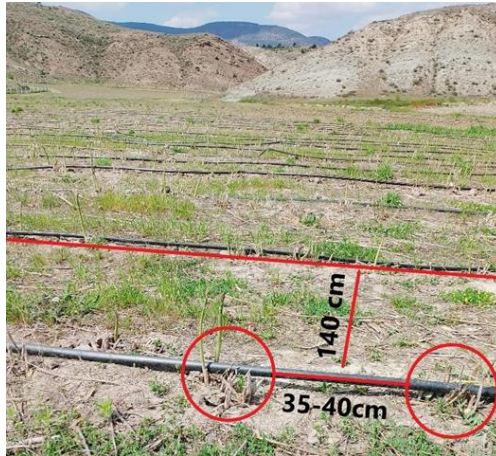


Şekil 4. Drenaj kanallarına ait görünüm (Orijinal: Koç, H.)

Kuşkonmaz gibi derin köklü sebzeler için iyi bir toprak drenajı hayati önem taşır. Drenaj problemleri çözüldükten sonra toprağın sürülmesi ve havalandırılması diğer önemli bir aşamadır. Toprağın sürülmesi, toprak parçalarını gevşeterek havalandırarak toprağın içine hava, su ve besin

maddelerinin daha kolay nüfuz etmesini sağlar. Havalandırılmış toprak, bitki köklerinin derinlere nüfuz etmesine ve daha iyi beslenmesine olanak tanır. Bölge’de kuşkonmaz toprağı, sonbaharda 35-40 cm derinliğinde işlenir, böylece ilkbaharda dikilecek fideler için daha iyi bir gelişme ortamı sağlanmış olur.

Kuşkonmaz gibi sebzeler için ideal ekim/dikim yatağı hazırlamak çok önemlidir. Dikim öncesi yabancı otlardan arındırma, sürüm tamamlandıktan sonra Mart ayının sonlarından Nisan ayının başlarına kadar olan erken ilkbahar döneminde sıra arası ve sıra üzeri mesafe 140 x 35-40 cm olacak şekilde hazır fidelerin dikimi tamamlanır (Şekil 5). Kuşkonmaza özgü belirlenen mesafeler; kültürel işlemlerin kolaylaştırılması, hava dolaşımının artırılması, toprak işleme-drenajın iyileştirilmesi ve hasat kolaylığı gibi avantajlar sağlar. Kuşkonmaz yetiştiriciliğinde dikim sonrası sıcaklık (toprak ve hava) sürgün gelişimi ve tomurcuk patlaması bakımından çok önemlidir. Tomurcuk patlaması için 5 °C, sürgün çıkışı için ise toprak sıcaklığının 13-14 °C olması gerekmektedir (Dufault, 1994).



Şekil 5. Kuşkonmaz Dikim Şekli (Orijinal: Koç, H.)

### 2.3. Bakım İşlemleri

Bölge’deki kuşkonmaz üreticileri, gübrelemede yoğun olarak organik hayvan gübresi (4-5 ton/da) tercih etmekte, bu durum toprağın pH dengesini sağlamakta, toprak yapısını iyileştirmekte, bitki besin alımını ve verimliliğini de artırmaktadır. Üreticinin kimyasal gübre kullanmaktan kaçınma tercihi, çevresel ve sağlık konularını göz önünde bulundurarak yapılmış önemli bir

karardır. Dolayısıyla, Tekirler Mahallesi'nde tarım alanları kimyasal zarar görmediği için neredeyse 'kendiliğinden organik' diye ifade edebileceğimiz türden yetiştiricilik yapılmakta ve bu durum Tekirler Mahallesi'nde gelecekte sertifikalı üretim (organik tarım veya iyi tarım) yapma şansını artırmaktadır.

Kuşkonmazın su ihtiyacı büyüme evrelerine, toprak koşullarına ve hava şartlarına bağlı olarak değişir. Genellikle, kuşkonmaz fidelerin dikilmesinden sonra (aktif büyüme dönemi) düzenli ve yeterli sulama önemlidir. Sulama programı, üreticinin gözlem ve tecrübelerine bağlı olmakla birlikte toprak nem düzeyine, bitkinin büyüme evresine ve hava durumuna göre ayarlanmaktadır. Bölge'de damla sulama yöntemi tercih edilmektedir. Bu yöntem, sulama sistemlerindeki teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak, modern tarım uygulamalarının bir parçası haline gelmiştir. Damla sulama, suyun bitkinin kök bölgesine doğrudan ve kontrollü bir şekilde verilmesini sağlayarak suyun daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar. Bu yöntem ayrıca, geleneksel sulama yöntemlerine göre daha fazla su tasarrufu sağlar ve toprak erozyonunu önler.

#### **2.4. Hasat ve Hasat Sonrası İşlemler**

Kuşkonmaz hasatı fide dikiminden sonra 3. yılda başlar, bakım koşullarına ve hasat periyoduna göre değişmekle birlikte 15 yıla kadar sürebilir (Dufault, 1994; Akan, 2014; Alan, 2017). Hasat genel olarak ilkbahar aylarında yapılmaktadır ancak Köklü ve ark. (2020) tarafından yapılan araştırmada yaz hasadının sadece ürün fiyatının yüksek olması kaydıyla bahar hasadına alternatif olabileceği ileri sürülmüştür. Kuşkonmazı hasat etmek için toprak üstü aksamının biçilerek bitkileri yeniden sürmeye zorlanması gerekmektedir (Dufault, 1994).

Nallıhan'ın Tekirler Mahallesi'nde kuşkonmaz hasadı, Nisan ayının başında başlamakta ve 90 gün boyunca devam etmektedir. Hasat kriteri kuşkonmaz boyunun 25 cm'e ulaşması olup, hasat el ile sürgünün dip kısmına basılarak sürgünlerin kesilmesi ile yapılır (Şekil 6).



**Şekil 6.** Hasat olgunluğu kontrolü (Orijinal: Koç, H.)

Hasat edilen tüm sürgünlerin uzunlukları ve kalınlıkları (sürgünlerin dip kısımlarının çapları) dijital kumpasla belirlenir ve daha sonra sürgünler kalınlıklarına göre sınıflandırılır (Şekil 7). Şekil bozukluğu olmayan ve sürgün çapı 0.8 cm'den büyük sürgünler pazarlanabilir olarak belirlenir ve çaplarına göre üç farklı aralıkta (0.8 cm-1 cm, 1.4 cm-1.6 cm ve 1.9 cm-2.1 cm) sınıflandırılır. Sınıflandırma işlemi, ürünlerin kalitesini belirlemek için önemlidir ve daha sonra paketleme işlemi için temel bir kriterdir. Hasat edilen kuşkonmazların boylama sonrası sapları aynı hizadan kesilir.



**Şekil 7.** Kuşkonmazların kumpas yardımıyla sınıflandırılması (Orijinal: Koç, H.)

Sınıflandırılması tamamlanan kuşkonmazlar, paketleme işlemi için kasalar içerisinde deliksiz polietilen torbalara yerleştirilir (Şekil 8). Kuşkonmaz hasat sonrası yüksek solunum hızı nedeniyle çok kısa bir raf ömrüne sahiptir.

Dolayısıyla, depolama ve raf ömrünü artırmak için modifiye atmosfer paketlenme (MAP) işlemi yapılır (Siomos ve ark., 2000). Ayrıca MAP işlemi kuşkonmazların korunması, dağıtımı ve pazarlanmasında da hasar görmelerini engeller (Hoover, 1997).



**Şekil 8.** Kuşkonmazların kasalamasına ait görünüm (Orijinal: Koç, H.)

Paketlenmiş ürünler, soğuk hava depolarında +4 °C sıcaklıkta ve %90-95 oransal nemde 10 gün süre ile depolanmaktadır (Şekil 9).



**Şekil 9.** Soğuk hava deposu (Orijinal: Koç, H.)

Ürünlerin sevkiyatı, Bölge'deki üretici ile anlaşmalı olan kurumlar tarafından gerçekleştirilir. Bu kurumlar, kuşkonmaz üretilen tarlaya gelerek soğuk zincir taşımacılığı (frigorifik kasa ve/veya soğutma üniteli tırlar) ile ürünleri alır ve dağıtımı sağlar. Dağıtım sürecinde, zamanında teslimat ve etkili lojistik yönetimi önemlidir.

## 2.5. Verim

Kuşkonmazda verim, bir önceki yıl köklerde biriken karbonhidrata bağlıdır (Krzanski ve ark., 2008; Gasecka ve ark., 2009) ve köklerde çoğunlukla fruktoz (toplam depolanan karbonhidratların %50-90) biriktirir (Shiomi, 1992; Drost, 1997). Kuşkonmaz çok yıllık bir sebzedir ve verim dönemi genellikle fidelerin dikilmesinden sonra 3-5 yıl arasında değişir. Bu süreçte bitki kök sistemi büyüme ve gelişme göstermesi ile verim dönemi başlar. Kuşkonmaz yetiştiriciliğinde verim, yöre ve çeşit seçimine göre değişmekle birlikte ortalama 1.5-2 ton/da arasındadır. Nallıhan İlçesi Tekirler Mahallesi'nde 20 dönüm alanda yapılan kuşkonmaz tarımında bu yıl 4. hasat dönemidir. 1. hasat döneminde elde edilen ürün toplamda 300 kg, 2. hasat döneminde 10 ton, 3. hasat döneminde 25 ton, 2025 yılında da (4. hasat dönemi) verimin en yüksek seviyeye çıkarak 35 tona ulaşmıştır. Bu verim miktarı ortalamanın üzerinde olup, çiftçilerin ekonomik olarak tatmin edici bir gelir elde ettiklerini göstermektedir.

## 3. SONUÇ

Bu çalışmada bir örnek olarak Ankara'nın Nallıhan İlçesi Tekirler Mahallesi'nde kuşkonmaz yetiştiriciliği sunulmuştur. Bölgenin toprak yapısı, yarıyışlılık durumu, bitkisel materyal, üretim ve bakım şekli, kültürel önlemler, hasat ve hasat sonrası yapılan uygulamalar ve verim durumu değerlendirilerek belirtilmiştir.

Kuşkonmaz tarımı, Türkiye'de özellikle belirli bölgelerde yoğunlaşmıştır. Isparta, Antalya, Bursa, İzmir, Çanakkale ve Ankara gibi şehirler, kuşkonmaz üretiminin olduğu illerdir. Kuşkonmaz tarımının belirli bölgelerle sınırlı olması, iç pazarın ihtiyacını karşılamakta yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda, Türkiye'nin kuşkonmaz ihtiyacının bir kısmı ithalat yoluyla karşılanmaktadır. İç pazarın yetersizliği, yerli üreticilerin rekabet gücünü azaltmakta ve tarım sektörünün sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Bu nedenle, kuşkonmaz tarımında iç pazarı büyütme yönelik stratejilerin geliştirilmesi ve yeni ekim/dikim alanlarının keşfedilmesi önem kazanmaktadır.

Kuşkonmaz tarımının iç pazarı geliştirmek için çeşitli stratejilere ihtiyaç vardır. Bu stratejiler arasında tüketicilerin bilinçlendirilmesi ve ürünün pazarlanması, fiyat destekleri ve teşviklerin sağlanması, ürün çeşitliliğinin

artırılması gibi önlemler yer almaktadır. Tüketicilerin kuşkonmazın sağlık yararları, kullanım alanları ve pişirme yöntemleri konusunda bilinçlendirilmesi, ürünün talep edilmesini artırabilir ve iç pazarın büyümesine katkı sağlayabilir. Ayrıca, fiyat destekleri ve teşviklerin sağlanmasıyla üreticilerin kuşkonmaz yetiştiriciliğine olan ilgisi artırılabilir ve iç pazarın ihtiyacı daha fazla karşılanabilir. Ürün çeşitliliğinin artırılması da iç pazarın çeşitlenmesine katkı sağlayabilir ve tüketicilere daha fazla seçenek sunabilir.

## KAYNAKLAR

- Akan, Ö. (2014). Kuşkonmaz (*Asparagus officinalis* L.) yetiştiriciliğinde ülkemizin ve dünyanın durumu. *Tralleis Elektronik Dergisi*, 3, 24-30.
- Alan, Ö. (2017). Kuşkonmaz (*Asparagus officinalis* L. var. *altilis*). *Tarım Türk Dergisi*, 89-94.
- Alan, Ö. (2023). Enginar & kuşkonmaz yetiştiriciliği ders notları. Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 58-109.
- FAO, 2023. Production quantity of asparagus. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, Accessed date: 21.10.2025
- Davis, P.H. (1984). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburgh University Press.
- Drost, D.T. (1997). Asparagus. In H.C. Wien (Eds.), *The Physiology of Vegetable Crops*, (pp. 621-635). CABI Books.
- Dufault, R.J. (1994). Impact of forcing summer asparagus in Coastal South Carolina on yield. Quality and Recovery from Harvest Pressure. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(3), 396-402.
- Gasecka, M., Krzesiński, W., Stachowiak, J. & Knaflewski, M. (2009). The Effect of temperature and crown size on asparagus yielding. *Folia Horticulturae*, 21(1), 49-59.
- Hoover, D. (1997). Minimally processed fruits and vegetables; Reducing microbial load by nonthermal physical treatments. *Food Technoogy*, 51(6), 66-71.
- Köklü, Ş., Dolunbay, S., Yakupoğlu, G., Karaca, A., Havan, A. & Korkmaz, A. (2020). Bitki yaşı ve hasat zamanının kuşkonmaz verimi ve sürgün kalitesi üzerine etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(3), 568-576.
- Krzsenski, W., Gasecka, M., Stachowiak, J. & Knaflewski, M. (2008). Plant age effect on asparagus yielding in terms of carbohydrate balance. *Folia Horticulturae*, 20(2), 29-38.
- Saner, G., Güler, D. & Şengül, Z. (2023). Türkiye’de kuşkonmaz (*Asparagus officinalis*) üretimi, ekonomik önemi ve ticareti. XX. IBANESS İktisat, İşletme ve Yönetim Bilimleri Kongreler Serisi – Ohrid / Kuzey Makedonya Cumhuriyeti, 14-15 Ekim 2023, Proceeding Book, 650-661.



- Shiomi, N. (1992). Content of carbohydrate and activities of fructosyltransferase and invertase in asparagus roots during the fructo-oligosaccharide and fructo-polysaccharide accumulating season. *New Phytologist*, 122, 421-432.
- Siomos, A.S., Sfakiotakis, E.M. & Dogras, C.C. (2000). Modified atmosphere packaging of white asparagus spears: composition, color and textural quality responses to temperature and light. *Scientia Horticulturae*, 84(1-2), 1-13.
- Turan, M. (2019). Türkiye'de kuşkonmaz yetiştiriciliği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2), 209-215.
- TÜİK, (2024). Türkiye'de kuşkonmaz üretimi. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> Erişim tarihi: 19.10.2025.
- Vural, H., Eşiyok, D. & Duman, İ. (2000). Kültür sebzeleri: Sebze yetiştirme. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

## BÖLÜM 10

### BİTKİ-PATOJEN ETKİLEŞİMİ: BAHÇE BİTKİLERİNDE FUNGAL SORUNLAR

Dr. Öğr. Üyesi Hasret GÜNEŞ<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17572441>

<sup>1</sup>Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adıyaman, Türkiye.  
hasretgunes@adiyaman.edu.tr Orcid: 0000-0003-3155-2695



## 1. GİRİŞ

Küreselleşme çağında, bahçecilik sürdürülebilir kalkınma ve ekonomik büyümenin önemli bir bileşeni olarak ortaya çıkmaktadır. Bahçecilik uygulamaları, mahsul üretimini çeşitlendirerek ve geliştirerek küresel gıda güvenliğine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Schreiner ve ark., 2013). Bahçecilik; meyve, sebze, kuruyemiş, tohum, ot, mantar, yosun, çiçek, deniz yosunu, çim, süs ağaçları ve bitkiler gibi gıda dışı ürünlerin yetiştirilmesi ve ekilmesinin bilimi ve sanatıdır (Raghavan ve ark., 2024). Fungus kaynaklı hastalıklar; fide aşamasında çürüme, büyüme aşamasında solma ve kök çürümesi, çoğalma aşamasında çiçek ve meyve çürümesi gibi çeşitli belirtilerle üretimde önemli kayıplara neden olur (Doohan ve Zhou, 2017). Bitki patojeni funguslar iki kategoriye ayrılır: zorunlu olmayan patojenler ve biyotroflardır. Patojen ve konağın özellikleri, hâkim çevre koşulları ile birlikte, fitopatojen ve bitki arasındaki ilişkiyi ve hastalığın gelişimini etkiler; bu faktörler birbirleriyle etkileşime girerek hastalık üçgeninin temel bileşenlerini oluşturur (Pokhrel, 2021a). Son on yılda yapılan araştırmalara göre, fungal hastalıklar özellikle seralarda ve yoğun bitki yetiştirilen bahçe bölgelerinde hızla çoğalarak kaliteyi ve verimliliği düşürmektedir (Peng ve ark., 2021).

Fungus patojenlerinin neden olduğu zararlar, doğrudan mahsul kaybıyla sınırlı değildir. Bu etmenler aynı zamanda hasat sonrası kayıpları da arttırarak tedarik zincirinde ekonomik zarara, uluslararası ticarete kısıtlamalara ve fungusit kullanımının artması nedeniyle çevresel risklerin artmasına neden olmaktadır (Kaur ve Watson, 2024). Özellikle, *Botrytis*, *Fusarium*, *Alternaria* ve *Colletotrichum* gibi geniş konakçı yelpazesine sahip türlerin bahçe bitkilerinde neden olduğu sorunlar, günümüzde hem üreticiler hem de araştırmacılar için en önemli öncelikler arasındadır (El-Baky ve Amara, 2021). Bitki-patojen etkileşimlerini anlamak, bu sorunların yönetilmesinde önemli bir rol oynar. Konakçı bitki ile fungus patojeni arasındaki etkileşim, patojenin konakçı dokulara girmesiyle başlayan çok katmanlı bir süreçtir. Patojenler, konak hücrelere girmek ve savunma mekanizmalarını baskılamak amacıyla efektör proteinler salgılar. Buna karşılık bitki hücreleri, patojenlere özgü moleküler desenleri (PAMP) yüzeylerindeki tanıma reseptörleri aracılığıyla algılar ve buna bağlı olarak savunma tepkilerini aktive eder. Bu çift yönlü etkileşim, bitki-patojen ilişkilerinin temel dinamiğini oluşturur. Bu süreç, patojenin başarılı kolonizasyonunu veya bitkinin direnç geliştirmesini

belirleyen kritik bir dengeye dayanır (Mishra ve ark., 2024). Bahçe bitkilerinin duyarlılığı ve direncinin genetik temeli, son yıllarda moleküler araştırmalarla açıklığa kavuşturulmuştur. Bu çalışmalar, konakçı bağışıklık tepkilerini spesifik olarak kontrol eden genlerin, ıslah programlarının önemli hedefleri olabileceğini göstermiştir (Mekapogu ve ark., 2021).

Çevresel faktörler, fungal hastalıklarının epidemiyolojisi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. İklim değişikliği ile ilişkili sıcaklık dalgalanmalarının artması, nemin yükselmesi ve aşırı hava olayları, birçok fungal hastalığının bulaşma dinamiklerini değiştirmektedir (Salazar-Hamm ve Torres-Cruz, 2024). Örneğin, yüksek nem, seralarda *Botrytis cinerea* enfeksiyonlarını artırırken, yükselen sıcaklıklar toprakta *Fusarium* türlerinin daha hızlı gelişimini teşvik etmektedir (Gullino ve ark., 2025). Bu nedenle, iklim değişikliği bağlamında, fungal patojenlerinin gelecekte daha karmaşık ve öngörülemez epidemiyolojik modeller sergileyeceği beklenmektedir (Singh ve ark., 2023).

Uzun yıllardır, fungusitler fungal hastalıkların yönetiminde temel bir unsur olmuştur. Ancak, kimyasal uygulamaların yoğunluğu ekosistem sağlığı üzerinde zararlı bir etkiye sahiptir ve dirençli hastalık popülasyonlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Islam ve ark., 2024).

Son yıllarda, bu durum entegre hastalık yönetimi stratejileri ve sürdürülebilir tarım uygulamalarına olan ilgiyi arttırmıştır. *Trichoderma*, Rizobakteriler (*Bacillus* sp. vb.) ve Arbüsküler Mikorizal Fungus (AMF) gibi yararlı mikroorganizmaların fungal hastalıklara karşı etkinliğini belirlemek için çok sayıda bahçe bitkisi üzerinde testler yapılmış ve umut verici sonuçlar elde edilmiştir (El-Saadony ve ark., 2022).

Tüm bu gelişmelerin de gösterdiği gibi, bahçe bitkilerinde görülen fungal hastalıklar sadece geleneksel bir tarım sorunu değil, aynı zamanda gıda güvenliği, ekosistem sağlığı ve sürdürülebilir tarım üzerinde doğrudan etkisi olan bir sorundur (Shuping ve Eloff, 2017). Bu nedenle çağdaş araştırmaların temel hedefleri; bitki-patojen etkileşimlerini daha iyi anlamak, epidemiyolojik modelleri doğru bir şekilde modellemek, sahada yeni tanı yöntemleri uygulamak ve ekolojik açıdan çevre dostu kontrol stratejileri geliştirmektir (Dhavale ve ark., 2025).

Bu bölümde, bahçe bitkilerinde görülen fungal sorunlar; başlıca hastalık grupları, etkileşim süreçleri, epidemiyolojik yönler, tanı teknikleri ve entegre yönetim önlemleri gibi çeşitli açılardan ele alınacaktır.

## 2. BAHÇE BİTKİLERİNDE ÖNEMLİ FUNGAL HASTALIK GRUPLARI

Bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde, fungal infeksiyonlar verim ve kalite kayıplarının en büyük nedenlerinden biridir. Farklı konukçu dokuları hedef alan çok sayıda infeksiyon, üretim zincirinin her aşamasında genellikle olumsuz etki yaratan bu hastalıkların kaynağıdır (Sumbria ve ark., 2019). Bitki-patojen etkileşimlerinde, fungusların çeşitli biyotrofik ve nekrotrofik özellikleri, toprak ortamındaki kök sistemlerini enfekte etmelerini ve yaprak, sürgün ve meyve dokularında semptomlar oluşturmalarını sağlar (Abdullah ve Akhtar, 2016).

Bahçe bitkilerinde görülen fungal kaynaklı hastalıklar genel özellikleri ve zararları dikkate alınarak beş ana kategoriye ayrılabilir: (i) toprakta bulunan kök ve fide çürüklükleri, (ii) iletim dokusuna zarar veren solgunluk hastalıkları, (iii) yaprak ve sürgünlerin yüzeyinde gelişen lekeler, (iv) hasat sonrası meydana gelen meyve çürükleri ve (v) yüzeysel külleme ve pas hastalıkları ilk beş hastalık kategorisidir (Jayaraman ve ark., 2021; Tripathi ve ark., 2024).

*Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp. ve *Fusarium* spp. gibi etmenler özellikle fide döneminde genç bitkilerde kök ve kök boğazında çürüme benzeri semptomlara yol açan önemli toprak kaynaklı patojenlerdir (Gurudevan ve ark., 2022). Bahçe bitkilerinde solmaya neden olan faktörler genellikle ksilem dokusunu hedef alır, su ve minerallerin taşınmasını engeller, iletim dokularında yapısal hasara neden olur ve nihayetinde geri dönüşü olmayan solmaya ve bitkinin ölümüne yol açar (Yadeta ve Thomma, 2013).

*Alternaria*, *Septoria* ve *Cercospora* türlerinin neden olduğu yaprak ve sürgün leke hastalıkları, fotosentetik kapasitenin azalmasına ve dolayısıyla bitkinin metabolik dengesinin bozulmasına neden olur. Öte yandan, hasat sonrası dönemde ortaya çıkan meyve çürümeleri önemli ekonomik kayıplara neden olmakta, özellikle *Botrytis cinerea* ve *Colletotrichum* türleri bu bozulmaların başlıca etmenleri olarak öne çıkmaktadır (Daub ve Ehrenshaft, 2000; Kaniyassery ve ark., 2024). Epidermis üzerinde gelişen yüzeysel parazitik külleme etmenleri (*Erysiphe*, *Leveillula*) ve pas patojenleri (*Puccinia*,

*Uromyces*), bitkilerde hem fizyolojik işlevleri olumsuz etkiler hem de estetik açıdan önemli bozulmalara yol açar (Lavanya, 2025).

Bu patojen gruplarının sahip olduğu farklı ekolojik adaptasyon stratejileri ve bitki savunma mekanizmalarını aşmaya yönelik mücadele yöntemleri, entegre yönetim yaklaşımlarının önemini ortaya koymaktadır (Devi ve ark., 2017). Dolayısıyla, fungal hastalıkların kontrolü yalnızca belirli enfeksiyonların teşhisiyle sınırlı olmayıp, bu hastalık gruplarının bütüncül şekilde anlaşılmasını ve kapsamlı yönetim stratejilerinin uygulanmasını da zorunlu kılmaktadır (Cole ve ark., 2017).

### **3. BİTKİ – FUNGAL PATOJEN ETKİLEŞİMİNİN MEKANİZMALARI**

Bitkiler ve fungal patojenler arasındaki etkileşim, karşılıklı tanıma ve tepki süreçlerine dayanan son derece karmaşık bir biyolojik ağ şeklinde gelişir (Botero ve ark., 2018). Bu süreçte, enfeksiyonun başarısını belirleyen patojenin moleküler stratejileri ve bağışıklık tepkilerini tetikleyen bitkinin savunma mekanizmaları birlikte rol oynar (Faulkner ve Robatzek, 2012).

Bitki-fungus etkileşimleri üç ana aşamada incelenebilir: (i) patojenin konukçu dokulara giriş yaptığı ve kolonize olmaya başladığı dönem, (ii) bitkinin savunma mekanizmalarının tespit edildiği ve aktive edildiği süreç ve son olarak (iii) patojenin bu savunmaları etkisiz hale getirmek için geliştirdiği karşı stratejiler (Singla ve ark., 2024).

Fungal patojenler, konukçu yüzeyine tutunarak çeşitli yapısal ve kimyasal stratejiler kullanır ve enfeksiyonun ilk aşamasında giriş noktalarını oluşturur (Tucker ve Talbot, 2001). Patojen, çimlenme tüpleri, appressoriumlar veya hücre duvarını parçalayan enzimler gibi özelleşmiş yapılar aracılığıyla bitki dokusuna nüfuz edebilir (Łażniewska ve ark., 2012). Bu aşamada bitkiler, PAMP (Patojenle İlişkili Moleküler Kalıplar) reseptörleri aracılığıyla patojen yüzeyindeki korunmuş moleküler kalıpları algılar ve buna göre PTI (Kalıp Tetiklemeli Bağışıklık) mekanizmasını aktive eder (Nürnberg ve Kemmerling, 2009). Bu süreç, reaktif oksijen türleri (ROS) üretimi, savunma genlerinin ekspresyonu ve hücresel uyarılma gibi erken uyarı sinyallerini tetikler ve böylece bitkinin enfeksiyona karşı ilk savunma hattını aktive eder (Nadarajah, 2024).

İnfeksiyonun ilk aşamasında, fungal patojenler konukçunun yüzeyine yapışır ve çeşitli yapısal ve kimyasal stratejiler kullanarak giriş noktaları oluşturur. Patojen, çimlenme tüpleri, appressoria veya hücre duvarını parçalayan enzimler gibi özel yapılar aracılığıyla bitki dokusuna nüfuz edebilir. Bu noktada bitkiler, PAMP (Patojenle İlişkili Moleküler Desenler) reseptörleri aracılığıyla yüzeydeki patojen kaynaklı moleküler desenleri algılar ve Desen Tetiklemeli Bağışıklık (PTI) mekanizmasını aktive ederek erken uyarı sinyalleri üretir.

Bitki–fungus patojen etkileşimlerinin temel mekanizmalarını çözümlmek için yalnızca tek tek genleri incelemek yeterli değildir; tüm konukçu–patojen etkileşim ağının bütüncül bir şekilde anlaşılması gerekmektedir. Dirençli çeşitlerin geliştirilmesi ve biyolojik temelli hastalık yönetim stratejilerinin tasarlanması, bu etkileşim yollarının derinlemesine kavranmasına bağlıdır.

#### **4. ÇEVRESEL FAKTÖRLER VE EPİDEMİYOLOJİ**

Çevresel koşullar, bahçe bitkilerinde fungal infeksiyonların gelişimi ve yayılmasında belirleyici bir rol oynar. Patojen bulaşması ve çoğalmasının dinamikleri, konakçı bitki ile patojen arasındaki çok katmanlı bir etkileşim ağını temsil eden epidemiyolojik süreçler çerçevesinde açıklanabilir (Jain ve ark., 2019). Bu durumda, çevresel koşullar patojenin biyolojik aktivitesini, bitkinin savunma yeteneğini ve hastalığın ilerleme hızını etkiler (Velásquez ve ark., 2018).

Çevresel koşullar, fungal hastalıkların epidemiyolojisinde belirleyici bir rol oynar. Sıcaklık, nem, yağış ve rüzgâr şiddeti ile toprak koşulları, patojenlerin bulaşma ve çoğalma dinamiklerini etkileyen başlıca faktörlerdir (Misra ve ark., 2020). Düşük nem ve sıcaklık dalgalanmaları patojenlerin metabolik faaliyetlerini sınırlarken, yüksek bağıl nem ve nemli ortamlar sporangia oluşumunu ve konidi yayılmasını hızlandırır (Ji ve ark., 2023). Yağmur ve rüzgâr, sporların uzun mesafelerde taşınmasını kolaylaştırarak epidemik dalgaların ortaya çıkışını hızlandırır (Golan ve Pringle, 2017). Ayrıca, konukçu bitkinin direnci ile çevresel etkileşimler arasındaki dinamikler, hastalık yayılmasının karmaşık ve çok katmanlı bir ağ aracılığıyla gerçekleştiğini göstermektedir (Martins ve ark., 2020).



Toprak kaynaklı fungal patojenlerin yayılım ve bulaşma döngülerinin anlaşılmasında, toprak özellikleri merkezi bir rol oynar (Otten ve Gilligan, 2006). Patojen sporlarının uzun süre yaşama kapasitesi ve iletim dokularına ulaşabilme yeteneği, toprağın pH değeri, organik bileşen yoğunluğu, su tutma potansiyeli ve mikrobiyal toplulukların çeşitliliği tarafından doğrudan şekillendirilir (Nieder ve ark., 2018). İklim ve mikro iklim koşullardaki değişiklikler, fungal hastalıkların zaman ve mekân açısından dağılımını etkileyebilir; bu da salgın riskini artırabilir (Ma ve ark., 2022).

Epidemiyolojik modeller, çeşitli çevresel faktörlerin hastalık dinamikleri üzerindeki etkilerini nicel olarak değerlendirmemizi sağlar (Arthur ve ark., 2017). Bu modellerde, özellikle konidi veya spor yoğunluğu, hastalık şiddeti ve bulaşma oranı gibi parametreleri incelemek için zamansal ve mekânsal çalışmalar kullanılır. Bu, hastalıkları tahmin etmeyi ve entegre hastalık yönetimi stratejileri geliştirmeyi mümkün kılar (Gent ve ark., 2013; Xu ve Ridout, 1998).

Bu nedenle, bahçe bitkilerinde fungal infeksiyonları kontrol etmenin temel dayanağı, çevresel koşulların ve epidemiyolojik süreçlerin doğru bir şekilde anlaşılmasıdır. Hastalığın yayılmasını öngörmek ve azaltmak için patojen biyolojisi ve çevresel etkileşimlerin kapsamlı bir değerlendirmesi yapılmalıdır.

## **5. BAHÇE BİTKİLERİNDE FUNGAL HASTALIKLARIN TOPRAK KOŞULLARINA ETKİSİ: EPİDEMİYOLOJİK BİR YAKLAŞIM**

Toprak özellikleri, bahçe bitkilerinde fungal infeksiyonların şiddeti ve yayılmasında önemli bir rol oynar (Ellouze ve ark., 2014). Patojen sporlarının hayatta kalma süresi ve kök dokusuna nüfuz etme yetenekleri, toprak pH'ı, organik madde içeriği, su tutma kapasitesi ve mikrobiyal çeşitlilik gibi faktörlerden büyük ölçüde etkilenir (Usharani ve ark., 2019). Özellikle, topraktaki organik karbon miktarındaki artış, belirli fungal hastalıkların yaygınlığını artırabilir; bu durum, organik gübrelerin ve bitki kalıntılarının kullanımıyla daha da belirgin hale gelir (Bailey ve Lazarovits, 2003).

Toprak mikrobiyal popülasyonları ve fiziksel özellikleri de hastalık gelişimini önemli ölçüde etkiler (Wang ve ark., 2017). Su tutma kapasitesi yüksek sıkışmış topraklar sporların gelişmesini ve hareketini kolaylaştırırken,

iyi drene edilmiş ve havalandırılmış topraklar patojenlerin köklere erişimini sınırlayabilir (Niem, 2011). Ayrıca, toprak mikrobiyal çeşitliliği patojenler üzerinde doğal bir baskı uyguladığından, hastalığın şiddetini azaltmaya katkıda bulunur (Li ve ark., 2023).

Bahçe bitkilerinde toprak kaynaklı fungal hastalıkların epidemiyolojisi, çevresel koşulların büyük etkisi altındadır. Yağış, sıcaklık ve bağıl nem, patojen sporlarının metabolik aktivitesi ve bulaşma etkinliğinde doğrudan rol oynar (Dixon ve Tilston, 2010). Örneğin, 22–28 °C arasındaki sıcaklıklar, *Aphanomyces euteiches* gibi patojenlerin sebze ve meyve bitkilerinde kök infeksiyonlarına neden olması için oldukça uygundur (Gaulin ve ark., 2007). Sıcak ve nemli koşullar, bahçe bitkilerinde kök infeksiyonlarını ve spor yoğunluğunu artırarak hastalığın şiddetini artırır. Bu nedenle, çevresel faktörleri izlemek ve epidemiyolojik süreçleri anlamak, bahçe bitkilerinde fungal hastalıkların yönetilmesinde çok önemlidir (Wang ve ark., 2025).

Bahçe bitkilerinde fungal hastalıkların şiddeti ve görülme sıklığı, çevre koşulları ve toprak özellikleri arasındaki etkileşimlerle belirlenir (Pokhrel, 2021b). Etkili hastalık yönetimi stratejileri geliştirmek için çevre koşullarının ve toprak kalitesinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi gerekir (Ghorbani ve ark., 2008). Bu nedenle hem sağlıklı hem de verimli bahçe bitkileri yetiştirmek, toprak sağlığının korunmasına ve çevre koşullarının iyileştirilmesine bağlıdır.

## 6. ENTEGRE HASTALIK YÖNETİMİ VE KONTROL STRATEJİLERİ

Bahçe bitkilerinde kök ve iletim demeti infeksiyonları, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae* ve *Phytophthora capsici* gibi toprak kaynaklı patojenler tarafından neden olur ve önemli üretim kayıplarına yol açar (Kowalska, 2021). Bu hastalıklar, toprakta uzun süre hayatta kalma ve konakçı bitkilere hızla uyum sağlama yetenekleri nedeniyle tek yönlü yönetim stratejilerine dirençlidir (Suliman ve ark., 2025). Bahçe bitkilerinde hastalık kontrolü için en iyi ve en sürdürülebilir yöntem, entegre bir hastalık yönetimi yaklaşımıdır (Scortichini, 2022).

Bahçe bitkilerinde etkili entegre hastalık yönetimi, öncelikle kültürel uygulamalarla başlar (Razdan ve Sabitha, 2009). Patojen inokulum yoğunluğunu azaltmak için ürün rotasyonu, hastalığa dirençli çeşitlerin

kullanımı, organik madde yönetimi ve solarizasyon gibi yöntemler, bu bitkilerde hastalıkların yayılmasını sınırlamada çok önemlidir (Panth ve ark., 2020). Örneğin, toprak solarizasyonunun domates yetiştiriciliğinde *Fusarium* solgunluğunu önemli ölçüde azalttığı, biberlerde *Phytophthora* kök çürüklüğü hastalık şiddetini azalttığı ve hıyarda kök ur nematodlarının yoğunluğunu sınırladığı bildirilmiştir (Visen ve ark., 2024). Biyolojik ve kimyasal yöntemlerle desteklendiğinde; bu tür kültürel yaklaşımlar domates, biber, hıyar ve kavun gibi yaygın bahçe bitkileri için sürdürülebilir ve çevre dostu bir hastalık yönetimi stratejisi geliştirebilir (Scortichini, 2022).

Son yıllarda, özellikle bahçe bitkileri için biyolojik mücadele yöntemleri üzerine yapılan araştırmalar artmıştır (Wilson, 1997). *Bacillus subtilis* ve *Trichoderma harzianum* gibi antagonistik mikroorganizmaların kök bölgesinde kolonileştiği, patojenlerle rekabet ettiği, antifungal metabolitler ürettiği ve bitkilerde sistemik direnç oluşturduğu belirlenmiştir (Hashem ve ark., 2019; Wang ve ark., 2018). Bu mekanizmalar sayesinde, bu mikroorganizmaların domateslerde *Verticillium* solgunluğu, biberlerde *Phytophthora* kök çürüklüğü ve hıyarda kök çürüklüğü hastalıklarının şiddetini önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Abada ve ark., 2018).

Kimyasal uygulamalar genellikle hızlı ve geçici çözümler sağlasa da uzun süreli kullanımları çevresel riskler oluşturabilir ve patojenlerde fungusit direncinin gelişmesine yol açabilir (Islam ve ark., 2024). Örneğin, biberlerde *Phytophthora capsici*'yi kontrol etmek için metalaksil bazlı fungusitlerin tekrar uygulanmasının dirençli popülasyonların ortaya çıkmasına neden olabileceği bildirilmiştir (Bi ve ark., 2014). Benzer şekilde, domateslerde *Fusarium* solgunluğunu bastırmak için kullanılan benzimidazol fungusitlerin uzun süreli kullanımı da direnç gelişmesine yol açabilir (Akram ve ark., 2018). Hıyar üretiminde, külemeyi kontrol etmek için kullanılan strobilurin bazlı fungusitlere dirençli popülasyonların ortaya çıktığı bildirilmiştir (Kovacevik ve ark., 2024). Bu nedenle, kimyasal yöntemler tek başına değil, biyolojik ve kültürel uygulamalarla birlikte entegre bir yaklaşımın parçası olarak kullanılmalıdır (Blasco ve Picó, 2009).

Arbusküler mikorizal funguslar (AMF), kök bölgesinde patojenlerle rekabet ederek sistemik bitki direnç mekanizmaları oluşturdukları için bahçe bitkilerinde hastalık baskısını azaltmada çok önemlidir (Wang ve ark., 2025). *Fusarium* ve *Verticillium* gibi toprak kaynaklı hastalıkların köklere girişini

önleyerek, AMF kolonizasyonu doğal bir biyolojik kontrol görevi görür (Bagyaraj, 2018). Dolayısıyla entegre hastalık kontrol yönetiminde mikorizal fungusların teşvik edilmesi, patojen baskısını azaltmak ve bahçe bitkilerinin verimini sürdürülebilir bir şekilde artırmak için gerekli kabul edilmektedir (Chaudhary ve ark., 2025).

Sonuç olarak, bahçe bitkilerinde topraktan bulaşan fungal infeksiyonları önlemenin en etkili ve sürdürülebilir yöntemi, erken teşhis, düzenli epidemiyolojik izleme ve entegre hastalık yönetiminde farklı kontrol stratejilerinin bir arada uygulanmasıdır. Bu bütüncül yaklaşım, ani mahsul kayıplarını önlemekle kalmaz, aynı zamanda toprak sağlığının korunmasına ve bahçe bitkilerinde uzun vadeli yüksek verim ve kalitenin elde edilmesine de katkıda bulunur. Ayrıca, kimyasal yöntemlerin yanı sıra biyolojik ve kültürel uygulamaların dengeli kullanımı, çevre dostu üretimi destekler ve sürdürülebilir tarımın gelişmesini sağlar.

## 7. GÜNCEL EĞİLİMLER VE GELECEĞE BAKIŞ

Son yıllarda, bahçe bitkilerinde toprak kaynaklı fungal hastalıklarla mücadelede sürdürülebilir uygulamalar ve entegre yaklaşımlar ön plana çıkmıştır. Biyolojik mücadele inokulumları, mikorizal fungus ve hastalığa dirençli bahçe bitkisi çeşitlerini birleştiren stratejiler, özellikle *Fusarium*, *Verticillium* ve *Phytophthora* gibi patojenlerin neden olduğu hastalıklar için giderek daha fazla uygulanmaktadır. Mikorizal funguslar, kök bölgesinde patojenlerle rekabet ederek ve bitkilerdeki sistemik savunma mekanizmalarını destekleyerek hastalıkların şiddetini azaltırken, aynı zamanda toprak sağlığının korunmasına ve bahçe bitkilerinin verimliliğinin artırılmasına da önemli ölçüde katkıda bulunurlar.

Yapay zekâ destekli erken uyarı sistemleri ve dijital tarım uygulamaları, gelecekte bahçe bitkilerindeki fungal hastalıkların yönetimini daha doğru ve öngörülebilir hale getirecektir. Ayrıca, moleküler yaklaşımlar, spesifik biyolojik mücadele önlemlerinin geliştirilmesini ve patojen direnç mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Bu çeşitli ve gelişmiş teknolojik yöntemler, patojen baskısını azaltmakla kalmayacak, aynı zamanda bahçe bitkilerinde sürdürülebilir verim ve kalitenin desteklenmesine de katkıda bulunacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abada, K.A.M., Attia, A.M.F. & Zyton, M.A.L. (2018). Management of pepper *Verticillium* wilt by combinations of inducer chemicals for plant resistance, bacterial bioagents and compost. *J. Appl. Biotechnol. Bioeng.*, 5(2), 117-127.
- Abdullah, S.N.A. & Akhtar, M.S. (2016). *Plant and necrotrophic fungal pathogen interaction: mechanism and mode of action*. In Plant, Soil and Microbes: Volume 1: Implications in Crop Science (pp. 29-53). Cham: Springer International Publishing.
- Akram, S., Khan, S.M., Khan, M.F., Khan, H.U., Tariq, A., Umar, U.U. & Gill, A. (2018). Antifungal activity of different systemic fungicides against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* associated with tomato wilt and emergence of resistance in the pathogen. *Pakistan Journal of Phytopathology*, 31(2), 169-176.
- Arthur, R.F., Gurley, E.S., Salje, H., Bloomfield, L.S. & Jones, J.H. (2017). Contact structure, mobility, environmental impact and behaviour: the importance of social forces to infectious disease dynamics and disease ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1719), 20160454. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2016.0454>
- Bagyaraj, D.J. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi and biological control of soil-borne plant pathogens. *Kavaka*, 51(1), 1-6.
- Bailey, K.L. & Lazarovits, G. (2003). Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. *Soil and tillage research*, 72(2), 169-180. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(03\)00086-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00086-2)
- Bi, Y., Hu, J., Cui, X., Shao, J., Lu, X., Meng, Q. & Liu, X. (2014). Sexual reproduction increases the possibility that *Phytophthora capsici* will develop resistance to dimethomorph in China. *Plant Pathology*, 63(6), 1365-1373. <https://doi.org/10.1111/ppa.12220>
- Blasco, C. & Picó, Y. (2009). Prospects for combining chemical and biological methods for integrated environmental assessment. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 28(6), 745-757. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2009.04.010>

- Botero, D., Alvarado, C., Bernal, A., Danies, G. & Restrepo, S. (2018). Network analyses in plant pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 9, 35. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00035>
- Chaudhary, A., Poudyal, S. & Kaundal, A. (2025). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in maintaining sustainable agroecosystems. *Applied Microbiology*, 5(1), 6. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol5010006>
- Cole, D.C., Govender, N.P., Chakrabarti, A., Sacarlal, J. & Denning, D.W. (2017). Improvement of fungal disease identification and management: combined health systems and public health approaches. *The Lancet Infectious Diseases*, 17(12), e412-e419.
- Daub, M.E. & Ehrenshaft, M. (2000). The photoactivated *Cercospora* toxin cercosporin: contributions to plant disease and fundamental biology. *Annual review of phytopathology*, 38(1), 461-490. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.38.1.461>
- Devi, E.L., Kumar, S., Singh, T.B., Sharma, S.K., Beemrote, A., Devi, C.P., ... & Wani, S.H. (2017). Adaptation strategies and defence mechanisms of plants during environmental stress. *Medicinal plants and environmental challenges*, 359-413.
- Dixon, G.R. & Tilston, E.L. (2010). *Soil-borne pathogens and their interactions with the soil environment*. In *Soil microbiology and sustainable crop production* (pp. 197-271). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Dhavale, M.C., Aiwale, H.N. & Sarnobat, D.H. (2025). *Modern Diagnostic Techniques in Plant Pathology*. *Plant Health and Disease Management: A Modern Approach*, 184.
- Doohan, F. & Zhou, B. (2017). Fungal pathogens of plants. *Fungi: biology and applications*, 355-387. 10.1002/9781119976950
- El-Baky, N.A. & Amara, A.A.A.F. (2021). Recent approaches towards control of fungal diseases in plants: An updated review. *Journal of Fungi*, 7(11), 900. <https://doi.org/10.3390/jof7110900>
- Ellouze, W., Esmaeili Taheri, A., Bainard, L. D., Yang, C., Bazghaleh, N., Navarro-Borrell, A., ... & Hamel, C. (2014). Soil fungal resources in annual cropping systems and their potential for management. *BioMed research international*, 2014(1), 531824. <https://doi.org/10.1155/2014/531824>

- El-Saadony, M.T., Saad, A.M., Soliman, S.M., Salem, H.M., Ahmed, A.I., Mahmood, M., ... & AbuQamar, S.F. (2022). Plant growth-promoting microorganisms as biocontrol agents of plant diseases: Mechanisms, challenges and future perspectives. *Frontiers in plant science*, 13, 923880. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.923880>
- Faulkner, C. & Robatzek, S. (2012). Plants and pathogens: putting infection strategies and defence mechanisms on the map. *Current opinion in plant biology*, 15(6), 699-707. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2012.08.009>
- Gaulin, E., Jacquet, C., Bottin, A. & Dumas, B. (2007). Root rot disease of legumes caused by *Aphanomyces euteiches*. *Molecular Plant Pathology*, 8(5), 539-548. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2007.00413.x>
- Gent, D.H., Mahaffee, W.F., McRoberts, N. & Pfender, W.F. (2013). The use and role of predictive systems in disease management. *Annual review of phytopathology*, 51(1), 267-289. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102356>
- Ghorbani, R., Wilcockson, S., Koocheki, A. & Leifert, C. (2008). Soil management for sustainable crop disease control: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 6(3), 149-162. <https://doi.org/10.1007/s10311-008-0147-0>
- Golan, J.J. & Pringle, A. (2017). Long-distance dispersal of fungi. *Microbiology spectrum*, 5(4), 10-1128. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.funk-0047-2016>
- Gullino, M.L., Bertetti, D., Pugliese, M. & Garibaldi, A. (2025). Emerging Ornamental Plant Diseases and Their Management Trends in Northern Italy. *Horticulturae*, 11(8), 955. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11080955>
- Gurudevan, T., Seethapathy, P. & Narayanan, S. (2022). Major diseases of cultivated Indian medicinal plants: overview and management strategies. *Medicinal and Aromatic Plants of India* Vol. 1, 291-322.
- Hashem, A., Tabassum, B. & Abd\_Allah, E.F. (2019). *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. *Saudi journal of biological sciences*, 26(6), 1291-1297. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.05.004>
- Islam, T., Danishuddin, Tamanna, N.T., Matin, M.N., Barai, H.R. & Haque, M. A. (2024). Resistance mechanisms of plant pathogenic fungi to

- fungicide, environmental impacts of fungicides, and sustainable solutions. *Plants*, 13(19), 2737. <https://doi.org/10.3390/plants13192737>
- Jain, A., Sarsaiya, S., Wu, Q., Lu, Y. & Shi, J. (2019). A review of plant leaf fungal diseases and its environment speciation. *Bioengineered*, 10(1), 409-424. <https://doi.org/10.1080/21655979.2019.1649520>
- Jayaraman, S., Naorem, A.K., Lal, R., Dalal, R.C., Sinha, N.K., Patra, A.K. & Chaudhari, S.K. (2021). Disease-suppressive soils—beyond food production: a critical review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(2), 1437-1465. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00451-x>
- Ji, T., Altieri, V., Salotti, I. & Rossi, V. (2023). Effects of temperature and moisture duration on spore germination of four fungi that cause grapevine trunk diseases. *Plant Disease*, 107(4), 1005-1008. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-22-1802-SC>
- Kaur, R. & Watson, J.A. (2024). A scoping review of postharvest losses, supply chain management, and technology: implications for produce quality in developing countries. *Journal of the ASABE*, 67(5), 1103-1131. <https://doi.org/10.13031/ja.15660>
- Kaniyassery, A., Hegde, M., Sathish, S.B., Thorat, S.A., Udupa, S., Murali, T. S. & Muthusamy, A. (2024). Leaf spot-associated pathogenic fungi alter photosynthetic, biochemical, and metabolic responses in eggplant during the early stages of infection. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 133, 102320. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102320>
- Kovacevik, B., Mitrev, S., Arsov, E., Markova Ruzdik, N. & Todevska, D. (2024). The QoI fungicides, a perspective class of Plant Protection products. *Journal of Agriculture and Plant Sciences, JAPS*, 22(2), 25-37.
- Kowalska, B. (2021). Management of the soil-borne fungal pathogen—*Verticillium dahliae* Kleb. causing vascular wilt diseases. *Journal of Plant Pathology*, 103(4), 1185-1194. <https://doi.org/10.1007/s42161-021-00937-8>
- Lavanya, N. (2025). *Fungal Plant Pathogens. Plant Health and Disease Management: A Modern Approach*, 24.
- Łaźniewska, J., Macioszek, V.K. & Kononowicz, A.K. (2012). Plant-fungus interface: the role of surface structures in plant resistance and susceptibility to pathogenic fungi. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 78, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2012.01.004>



- Li, X., Chen, D., Carrión, V.J., Revillini, D., Yin, S., Dong, Y. ... & Delgado-Baquerizo, M. (2023). Acidification suppresses the natural capacity of soil microbiome to fight pathogenic *Fusarium* infections. *Nature Communications*, 14(1), 5090.
- Ma, J., Guo, Y., Gao, J., Tang, H., Xu, K., Liu, Q. & Xu, L. (2022). Climate change drives the transmission and spread of vector-borne diseases: an ecological perspective. *Biology*, 11(11), 1628. <https://doi.org/10.3390/biology11111628>
- Martins, D., Araujo, S.D.S., Rubiales, D. & Vaz Patto, M.C. (2020). Legume crops and biotrophic pathogen interactions: A continuous cross-talk of a multilayered array of defense mechanisms. *Plants*, 9(11), 1460. <https://doi.org/10.3390/plants9111460>
- Mekapogu, M., Jung, J.A., Kwon, O.K., Ahn, M.S., Song, H.Y. & Jang, S. (2021). Recent progress in enhancing fungal disease resistance in ornamental plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(15), 7956.
- Mishra, S., Srivastava, A., Singh, A., Pandey, G.C. & Srivastava, G. (2024). An overview of symbiotic and pathogenic interactions at the fungi-plant interface under environmental constraints. *Frontiers in Fungal Biology*, 5, 1363460. <https://doi.org/10.3389/ffunb.2024.1363460>
- Misra, A.K., Yadav, S.B., Mishra, S.K. & Tripathi, M.K. (2020). *Impact of meteorological variables and climate change on plant diseases*. In Plant Pathogens (pp. 313-327). Apple Academic Press.
- Nadarajah, K.K. (2024). *Defensive strategies of ROS in plant-pathogen interactions*. In Plant Pathogen Interaction (pp. 163-183). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Nieder, R., Benbi, D.K. & Reichl, F.X. (2018). *Soil as a transmitter of human pathogens*. In Soil components and human health (pp. 723-827). Dordrecht: Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-024-1222-2\\_13](https://doi.org/10.1007/978-94-024-1222-2_13)
- Niem, J.M. (2011). Effects of flooding on survival of *Sclerotinia* and *Verticillium* in potato field soils of western Washington (Doctoral dissertation, Washington State University).

- Nürnberg, T. & Kemmerling, B. (2009). Pathogen-associated molecular patterns (PAMP) and PAMP-triggered immunity. *Annu. Plant Rev*, 34. <https://doi.org/10.1002/9781444301441>
- Otten, W. & Gilligan, C.A. (2006). Soil structure and soil-borne diseases: using epidemiological concepts to scale from fungal spread to plant epidemics. *European Journal of Soil Science*, 57(1), 26-37. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2006.00766.x>
- Panth, M., Hassler, S.C. & Baysal-Gurel, F. (2020). Methods for management of soilborne diseases in crop production. *Agriculture*, 10(1), 16. <https://doi.org/10.3390/agriculture10010016>
- Peng, Y., Li, S.J., Yan, J., Tang, Y., Cheng, J.P., Gao, A.J., ... & Xu, B.L. (2021). Research progress on phytopathogenic fungi and their role as biocontrol agents. *Frontiers in Microbiology*, 12, 670135. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.670135>
- Pokhrel, A. (2021a). Role of individual components of disease triangle in disease development: a review. *J. Plant Pathol. Microbiol*, 12, 573.
- Pokhrel, B. (2021b). Effects of environmental factors on crop diseases. *J Plant Pathol Microbiol*, 12(5), 553.
- Raghavan, M., Ranganna, G., Wahengbam, R. & Kumar, S. (2024). Cultivating Tomorrow: A Deep Dive into Artificial Intelligence's Impact on Horticulture. *Agriculture & Food E-Newsletter*. ISSN: 2581-8317, 6(3).
- Razdan, V.K. & Sabitha, M. (2009). *Integrated disease management: Concepts and practices*. In *Integrated Pest Management: Innovation-Development Process: Volume 1* (pp. 369-389). Dordrecht: Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8992-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8992-3_15)
- Salazar-Hamm, P. & Torres-Cruz, T.J. (2024). The impact of climate change on human fungal pathogen distribution and disease incidence. *Current Clinical Microbiology Reports*, 11(3), 140-152. <https://doi.org/10.1007/s40588-024-00224-x>
- Schreiner, M., Korn, M., Stenger, M., Holzgreve, L. & Altmann, M. (2013). Current understanding and use of quality characteristics of horticulture products. *Scientia horticultrae*, 163, 63-69. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.027>

- Scortichini, M. (2022). Sustainable management of diseases in horticulture: Conventional and new options. *Horticulturae*, 8(6), 517. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060517>
- Singh, B. K., Delgado-Baquerizo, M., Egidi, E., Guirado, E., Leach, J.E., Liu, H. & Trivedi, P. (2023). Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward. *Nature Reviews Microbiology*, 21(10), 640-656.
- Singla, P., Bhardwaj, R.D., Sharma, S. & Sunidhi. (2024). Plant–fungus interaction: a stimulus–response theory. *Journal of Plant Growth Regulation*, 43(2), 369-381. <https://doi.org/10.1007/s00344-023-11100-1>
- Shuping, D.S.S. & Eloff, J.N. (2017). The use of plants to protect plants and food against fungal pathogens: A review. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 14(4), 120-127.
- Sulieman, A.M.E., Al-Azmi, M., Alanazi, N.A., Ghoniem, A.E., Hasan, M.E. S., Elnahal, A.S.M., ... & Alrashidi, A. (2025). Harnessing microbial communities for enhanced plant resilience against diseases. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1500029. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1500029>
- Sumbria, D., Berber, E. & Rouse, B.T. (2019). Factors affecting the tissue damaging consequences of viral infections. *Frontiers in microbiology*, 10, 2314. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02314>
- Tripathi, A., Pandey, V.K., Jha, A.K., Srivastava, S., Jakhar, S., Singh, G., ... & Choudhary, P. (2024). Intricacies of plants' innate immune responses and their dynamic relationship with fungi: A review. *Microbiological Research*, 285, 127758. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127758>
- Tucker, S.L. & Talbot, N.J. (2001). Surface attachment and pre-penetration stage development by plant pathogenic fungi. *Annual review of phytopathology*, 39(1), 385-417. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.39.1.385>
- Usharani, K.V., Roopashree, K.M. & Naik, D. (2019). Role of soil physical, chemical and biological properties for soil health improvement and sustainable agriculture. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(5), 1256-1267.

- Xu, X.M. & Ridout, M.S. (1998). Effects of initial epidemic conditions, sporulation rate, and spore dispersal gradient on the spatio-temporal dynamics of plant disease epidemics. *Phytopathology*, 88(10), 1000-1012. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1998.88.10.1000>
- Velásquez, A.C., Castroverde, C.D.M. & He, S.Y. (2018). Plant–pathogen warfare under changing climate conditions. *Current biology*, 28(10), R619-R634.
- Visen, S.S., Thakur, D. & Atluri, S. (2024). *Sustainable Management of Soilborne Diseases of Horticultural Crops*. In *Advances in Postharvest and Analytical Technology of Horticulture Crops* (pp. 349-363). Singapore: Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-97-7247-6\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-97-7247-6_19)
- Wang, R., Zhang, H., Sun, L., Qi, G., Chen, S. & Zhao, X. (2017). Microbial community composition is related to soil biological and chemical properties and bacterial wilt outbreak. *Scientific reports*, 7(1), 343. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00472-6>
- Wang, X.Q., Zhao, D.L., Shen, L.L., Jing, C.L. & Zhang, C.S. (2018). *Application and mechanisms of Bacillus subtilis in biological control of plant disease*. In *Role of rhizospheric microbes in soil: Volume 1: Stress management and agricultural sustainability* (pp. 225-250). Singapore: Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-8402-7\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-10-8402-7_9)
- Wang, Q., Han, Y., Yu, Z., Tian, S., Sun, P., Shi, Y., ... & Li, Z. (2025). Fungi in Horticultural Crops: Promotion, Pathogenicity and Monitoring. *Agronomy*, 15(7), 1699. <https://doi.org/10.3390/agronomy15071699>
- Wilson, M. (1997). Biocontrol of aerial plant diseases in agriculture and horticulture: current approaches and future prospects. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 19(3), 188-191. <https://doi.org/10.1038/sj.jim.2900436>
- Yadeta, K.A. & J. Thomma, B.P. (2013). The xylem as battleground for plant hosts and vascular wilt pathogens. *Frontiers in plant science*, 4, 97. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00097>



## BÖLÜM 11

### OBLİGAT PARAZİT FUNGUSLARIN MEYVECİLİKTEKİ ÖNEMİ

Arş. Gör. Dr. Mehmet ATAY<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17572477>

<sup>1</sup>Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adıyaman, Türkiye.  
matay@adiyaman.edu.tr Orcid ID: 0000-0001-5751-4764



## 1. GİRİŞ

Meyve yetiştiriciliği, hem yüksek ekonomik getirisi olan ürünlerin elde edilmesini sağlayan hem de sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılmasına katkı sunan bitkisel üretim alanlarından biridir. Gıda güvenliği, beslenme çeşitliliği ve tarımsal ihracat açısından stratejik bir konumda bulunan meyve üretimi; iklim koşullarına bağlı verim dalgalanmalarının yanı sıra biyotik stres faktörlerinin etkisiyle de önemli riskler taşımaktadır. Özellikle fungal patojenlerin neden olduğu hastalıklar bitkilerin fizyolojik ve metabolik dengesini bozarak fotosentez, su ve besin iletimi ile meyve oluşumu gibi temel yaşamsal süreçlerin aksamasına neden olmaktadır. Bu bozulmalar yalnızca ürün miktarını azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda pazar değeri yüksek meyvelerin kalitesinde ciddi düşüşlere yol açarak üretim sürecini ekonomik açıdan olumsuz etkilemektedir (Grau ve ark., 2004; Agrios, 2005; Jain ve ark., 2019; Tohumcu ve Bolat, 2025). Söz konusu hastalık etmenleri arasında yer alan obligat funguslar (zorunlu parazit funguslar), yalnızca canlı konukçu dokular üzerinde gelişebilmeleri ve yaşamlarını sürdürebilmeleri nedeniyle, bitki sağlığı açısından özel bir tehdit oluşturmaktadır (Scott, 1972; Figueroa ve ark., 2017). Bu patojenlerin gelişimi, doğrudan konukçu bitkiyle olan etkileşimlerine bağlıdır ve bu nedenle enfeksiyon süreçleri karmaşık mekanizmalar içerir. Konukçu bitkinin dokularına nüfuz ederek, hücre içi ve hücreler arası boşluklarında beslenerek yaşamlarını sürdüren bu funguslar, bitkinin savunma sistemlerini aşmak için çeşitli biyokimyasal araçlar ve yapılar geliştirmiştir (Duplessis, 2011).

Obligat funguslar arasında yer alan mildiyö (*Plasmopara viticola*), memeli pas (*Gymnosporangium* türleri) ve külleme hastalıkları (*Podosphaera* spp. ve *Erysiphe* spp.), meyve üretiminde en sık karşılaşılan ve ciddi düzeyde ekonomik kayıplara neden olan patojen gruplarındandır (Kemen ve Jones, 2012; Lâce, 2017; Gouveia ve ark., 2024). Bu hastalık etmenleri, başta bağ, elma, armut, kayısı ve erik gibi meyve türleri olmak üzere, geniş bir konukçu yelpazesinde etkinlik gösterir. Erken evrelerde tespit edilmediğinde kısa sürede tüm bahçeye yayılabilen bu patojenler, uygun iklim koşullarında (optimum nem ve sıcaklıklar) epidemik boyutlara ulaşabilir. Hastalıklar, yapraklardan meyveye kadar birçok bitki organını etkileyerek fotosentez kapasitesinde düşüşe, meyve tutumunda azalmaya ve ciddi verim ve kalite kayıplarına yol açarlar.



Bu funguslar, yaşam döngülerini yalnızca canlı konukçu bitkiler üzerinde sürdürebilen, konukçularıyla sürekli, karmaşık ve parazitik bir etkileşim içinde bulunan; konukçu savunma sistemini aşmak üzere özelleşmiş yapılar ve mekanizmalar geliştirmiş organizmalardır. Canlı dokuya bağımlı olmaları, onların çevresel koşullara karşı oldukça hassas ve konukçuya özel patojenler olmalarına neden olur. Bu da hem enfeksiyon yönetimini karmaşıklaştırmakta hem de geleneksel mücadele yöntemlerini yetersiz kılmaktadır (Scott, 1972; Voegelé ve Mendgen, 2011; Kemen ve ark., 2015). Bu nedenle, kültürel önlemlerden başlayarak, kimyasal mücadele, biyokontrol ajanı kullanımı ve dayanıklı çeşit yetiştiriciliği gibi birçok farklı yöntemin birlikte değerlendirildiği entegre hastalık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesini ve dikkatle uygulanmasını gerektirir. Bu stratejiler, hastalıkların kontrol altına alınmasında daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir yaklaşımın benimsenmesine katkı sağlamaktadır.

Bu bölümde; meyve yetiştiriciliğinde yoğun şekilde karşılaşılan obligat fungus kaynaklı hastalıklar hakkındaki literatürün derlenerek konuya ilgi duyan kişilerin istifadesine sunulması amaçlanmıştır. Ayrıca, mevcut hastalık kontrol yöntemlerine ilişkin temel yaklaşımlar paylaşılarak; araştırmacılar, öğrenciler, tarım danışmanları ve uygulayıcılar için bu konuda yol gösterici, bilgiye dayalı bir başvuru kaynağı oluşturulması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, söz konusu mikroorganizmaların biyolojik özellikleri, enfeksiyon süreçleri ve bitkilerde neden oldukları zararlı etkileri genel hatlarıyla okuyuculara sunulmuştur.

## **2. OBLİGAT FUNGUSLARIN GENEL TANIMI VE BİYOLOJİSİ**

Obligat funguslar, yalnızca canlı bitki dokularında yaşayabilen ve yaşamlarını sürdürebilmek için konukçularına mutlak şekilde bağımlı olan patojen organizmalardır. Bu funguslar, doğada serbest halde gelişemez ve çoğalabilmek için mutlaka konukçu bitkinin canlı hücrelerinden sağlanan metabolik kaynaklara ihtiyaç duyarlar. Bu durum, onları fakültatif parazitlerden ayıran temel biyolojik özelliktir. Zorunlu konukçu bağımlılığı, obligat fungusların yaşam döngülerini ve çevresel adaptasyonlarını büyük ölçüde şekillendirir. (Voegelé ve Mendgen, 2011; Dracatos ve ark., 2018).

Bu funguslar genellikle sporlar aracılığıyla yayılır ve uygun çevresel koşullar (örneğin uygun nem ve sıcaklık) sağlandığında konukçu bitkinin

epidermis dokusuna tutunarak enfeksiyonu başlatırlar. Sporlar çimlendikten sonra, konukçu hücrelerine özel emici yapılar olan haustorium ile girerek, hücreyi öldürmeden besin alımını sürdürürler. Bu özelliklerinden dolayı obligat funguslar, konukçularını canlı tutarak yaşam döngüsünü sürdüren “biyotrof” patojenler olarak sınıflandırılır (Kemen ve ark., 2015). Enfeksiyon genellikle bitkinin genç yaprak, sürgün ve meyve dokularında başlar. Hastalık ilerledikçe bitki yüzeyinde sararma, beyaz-gri renkte fungal tabakalar, meyve deformasyonları ve erken yaprak dökülmesi gibi belirtiler ortaya çıkar. Patojenler, bitkinin bağışıklık sistemini bastırmak amacıyla çeşitli enzimler, efektör proteinler ve kimyasal sinyaller üretir. Bu sayede konukçunun savunma sistemini aşarak sistemik enfeksiyon oluşturabilirler (Jones ve Dangl, 2006; Figueroa ve ark., 2016; Wu ve ark., 2018).

Meyve ağaçlarında yaygın olarak görülen obligat funguslara örnek olarak, bağda *Plasmopara viticola* (mildiyö), elma ve armutta *Gymnosporangium* türleri (memeli pas), ve pek çok meyve türünde *Podosphaera* ile *Erysiphe* türleri (külleme etmenleri) verilebilir. Özellikle bağlarda ciddi kayıplara neden olan *P. viticola*, uygun çevre koşulları oluştuğunda hızla yayılabilmekte ve epidemi düzeyinde zararlara yol açabilmektedir (Gobbin ve ark., 2005).

Bu patojenlerin enfeksiyona başlayabilmesi için canlı bitki dokusuyla doğrudan temas içinde olmaları şarttır. Ayrıca, konukçunun fizyolojik durumu ve çevresel değişkenlikler, hastalık gelişimi üzerinde belirleyici rol oynar. Bu da enfeksiyon yönetimini daha karmaşık hale getirmektedir. Obligat fungusların bu özel yaşam şekli, onların yapay ortamlarda, özellikle de laboratuvar koşullarında kültüre alınmasını çoğunlukla zorlaştırmakta (Scott, 1972), çoğu zaman ise imkânsız hâle getirmektedir. Çünkü besin gereksinimlerini yalnızca canlı konukçu hücrelerinden sağlayabildiklerinden (Staples, 2000), standart besi ortamlarında gelişimleri mümkün değildir. Bu durum, biyolojik yapılarını ve genetik mekanizmalarını araştırmayı güçleştirmekte, dolayısıyla bu patojenlere karşı etkili mücadele yöntemlerinin geliştirilmesini de zorlaştırmaktadır (Scott, 1972).

Her ne kadar moleküler biyoloji ve genom analizleri gibi modern tekniklerde önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da obligat fungusların büyük bir kısmı hâlâ yeterince çözümlenememiştir (Scott, 1972; Spanu, 2012). Bu bilgi eksikliği, özellikle meyvecilikte bu fungusların neden olduğu hastalıklarla

mücadelede ciddi bir engel teşkil etmektedir. Dolayısıyla, obligat fungusların biyolojisinin ve konukçu ile kurduğu etkileşimlerin detaylı şekilde anlaşılması, erken teşhis ve etkili mücadele stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Zorunlu parazitlik, obligat fungusların sadece canlı konukçu dokularında yaşayabilmesi anlamına gelir. Bu funguslar, konukçularının hücre içi veya hücre dışı ortamından besin alır ve çoğalır (Staples, 2000). Konukçu olmadan obligat funguslar metabolik faaliyetlerini sürdüremez, sporlarını oluşturamaz veya enfeksiyon yapamazlar. Bu durum, onların biyokimyasal ve metabolik süreçlerinin konukçu hücreleri ile yakın bir ilişki içinde olmasını gerektirir. Konukçu bağımlılığı, obligat fungusların konukçu ile özel patojenik etkileşimler geliştirmesine neden olur. Bu etkileşimler, bitki dokularında hastalık belirtilerinin ortaya çıkmasına yol açabilir. Konukçu bitkinin savunma mekanizmalarına karşı zorunlu parazitlerin geliştirdiği adaptasyonlar, onların yaşamlarını sürdürebilmeleri açısından hayati önem taşımaktadır (Spatafora ve ark., 2017).

Bu adaptasyonlar arasında, konukçu bitkinin bağışıklık tepkilerini baskılayan veya engelleyen çeşitli enzim ve toksinlerin sentezlenmesi yer alır. Ayrıca, obligat funguslar konukçu hücrelerinde besin maddelerini etkin şekilde kullanmak için özel yapılar oluşturabilirler. Örneğin, haustorium adı verilen yapı, konukçu hücrelerine tutunup onlardan besin almayı sağlar. Haustorium, obligat fungusların tipik bir özelliği olup, patojenin konukçu hücrelerinden besin maddelerini almasına ve yaşam döngüsünü sürdürmesine olanak tanır (Hahn, 2000; Garnica ve ark., 2014).

### 3. YAŞAM DÖNGÜSÜ VE SPOR TİPLERİ

Obligat fungusların yaşam döngüsü, büyük ölçüde canlı konukçu bitki dokularına bağımlı olan, karmaşık ve çok evreli biyolojik süreçlerden oluşur. Bu döngü, hem patojenin çoğalmasını hem de elverişsiz çevresel koşullarda hayatta kalmasını sağlayacak şekilde organize olmuştur. Özellikle bitkisel üretimde önemli hastalıklara yol açan bu funguslar, hem eşeysiz (aseksüel) hem de eşeyli (seksüel) sporlar üretme yeteneğine sahiptir (Scott, 1972; Pearson ve ark., 1977; Hardham, 2009).

Eşeysiz sporlar, genellikle konidi formundadır ve enfeksiyonun kısa sürede yayılmasında önemli rol oynar. Örneğin, *Plasmopara viticola* tarafından

oluşturulan bağ mildiyösü, bahar aylarında çok sayıda konidi üreterek genç yaprakları hızla enfekte eder. Benzer şekilde, elma küllemesi etmeni *Podosphaera leucotricha* da konidileri aracılığıyla yeni sürgünlerde hızla yayılır. Bu sporlar çoğunlukla rüzgâr, su damlaları veya doğrudan temas yoluyla yayılır ve hedef dokuda uygun çevresel koşullar altında çimlenerek enfeksiyonu başlatır (Kurt, 2020).

Eşeyli sporlar ise genetik çeşitliliğin sağlanması ve çevresel stres koşullarına karşı dirençli yapılar oluşturulması bakımından önemlidir. Örneğin, *Gymnosporangium* türleri (elma ve armutta memeli pas etmenleri), kalın duvarlı teliosporlar oluşturarak kış koşullarını canlı geçirebilir. Bu yapılar, ilkbaharda çimlenerek yeni enfeksiyon dalgalarının başlamasına neden olur. Bazı dayanıklı spor yapıları toprakta veya bitki kalıntılarında uzun yıllar canlı kalabilir, bu da hastalığın sürekliliğini sağlar (Kurt, 2020).

Bazı obligat funguslar, yaşam döngüsünü tamamlayabilmek için birden fazla konukçuya ihtiyaç duyar. Örneğin, *Gymnosporangium* türleri hem ardıc hem de elma/armut gibi meyve türlerinde ardışık evrelerle gelişir (Kern, 1911; Peterson, 1982). Bu heteroik yaşam döngüsü, tanı ve mücadele sürecini daha karmaşık hale getirmektedir.

Sporların oluşumu, olgunlaşması ve yayılımı sıcaklık, nem, yağış ve rüzgar gibi çevresel faktörler ile konukçu bitkinin fenolojik evrelerine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Örneğin, *Erysiphe* türleri tarafından oluşturulan külleme hastalığı, rüzgârla taşınan konidiler sayesinde geniş alanlara hızla yayılabilirken, *Plasmopara* gibi türlerin sporları ise çoğunlukla yağmur damlalarıyla yakın çevrede taşınır.

Sporlar konukçu bitki yüzeyine ulaştıktan sonra uygun iklim koşulları altında çimlenerek enfeksiyon sürecini başlatır. Bu süreçte fungus, konukçu hücrelere haustorium adı verilen özelleşmiş yapılarla penetre olur. Haustorium, hücreyi öldürmeden besin alımını sürdürmeye olanak tanır (Hahn, 2000; Garnica ve ark., 2014). Böylece patojen ile konukçu arasında uzun süreli, canlı dokuya dayalı bir biyotik ilişki kurulur. Enfeksiyon genellikle genç yaprak, sürgün ve meyve dokularında gelişirken meydana gelen belirtiler arasında yaprak lekeleri, miselyal tabakalar, doku deformasyonları ve erken yaprak dökümü yer alır.

Obligat fungusların neden olduğu hastalıklar, patojenin biyolojik özelliklerinin yanı sıra konukçu bitkinin fizyolojik durumu ve çevresel koşullar

tarafından da şekillenir. Enfeksiyonun şiddeti büyük ölçüde sıcaklık ve bağıl nem gibi çevresel koşullara bağlıyken, konukçu bitkinin genetik yapısı da hastalığın gelişim sürecini önemli ölçüde etkiler. Obligat patojenler konukçunun savunma mekanizmalarını zayıflatmak amacıyla çeşitli enzimler ve biyokimyasal bileşikler salgılayarak, bitkinin doğal direnç sisteminde bozulmalara yol açar ve enfeksiyonun doku içinde ilerlemesini kolaylaştırır (Scott, 1972).

Bu nedenle, obligat fungusların yaşam döngüsü, spor yapıları ve enfeksiyon stratejilerine dair süreçlerin ayrıntılı şekilde anlaşılması, hastalık epidemiyolojisinin çözülmesi ve bilimsel temelli, entegre mücadele yaklaşımlarının geliştirilmesi açısından kritik önemdedir.

#### 4. OBLİGAT FUNGUSLARIN MEYVE AĞAÇLARINDA NEDEN OLDUĞU ÖNEMLİ HASTALIKLAR

Obligat funguslar, yalnızca canlı bitki dokuları üzerinde yaşayabilen, yaşam döngülerini sürdürebilmek için canlı hücrelere bağımlı olan zorunlu parazit mikroorganizmalardır. Meyvecilikte obligat funguslar, yaygın ve ekonomik zararlara yol açan hastalıkların nedenleri arasında yer alırlar. Özellikle yaprak, sürgün, çiçek ve meyve yüzeylerinde enfeksiyon oluşturarak hem bitkinin fizyolojik faaliyetlerini bozarlar hem de ürün kalitesini ve verimini olumsuz etkilerler.

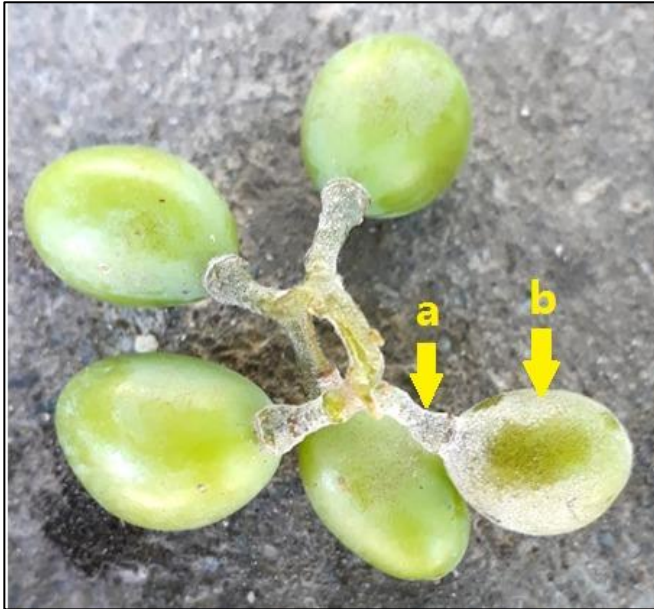
Bu gruptaki en yaygın hastalık etmenlerinden biri külleme hastalıklarına neden olan funguslarıdır. *Podosphaera leucotricha* (Ell. Et Ev.) Salm. elma ağaçlarında yaygın şekilde görülen külleme hastalığının başlıca etmenidir. Bu fungus, ilkbaharda tomurcuklardan çıkan genç yapraklarda, sürgün uçlarında ve meyve yüzeyinde enfeksiyona neden olur. Enfekte olmuş bitki dokularında tipik olarak beyazımsı-gri renkte bir misel tabakası gözlenebilir. Bu fungal örtü, yaprak yüzeyini kaplayarak fotosentez verimliliğini düşürür, sürgün gelişimini sınırlar ve genç meyvelerde şekil bozukluklarına neden olur (Anonim, 2008). Şiddetli enfeksiyonlar, sürgün uçlarında gerilemeye ve tomurcuk ölümüne neden olabilir. Serin ve yüksek nem, özellikle ilkbaharda 24 °C sıcaklık, hastalık etmeninin sporlarının çimlenmesi ve yayılımı için optimum koşulları oluşturur. Fungus, kışı çoğunlukla enfekte tomurcuklarda miselyum formunda geçirir ve ilkbaharda bu tomurcuklardan gelişen sürgünlerle yeniden aktif hale gelir. Konidilerle rüzgar yoluyla yayılan bu patojen, sezon boyunca çok sayıda

ardışık enfeksiyon oluşturabilir (Anonim, 2008; Holb, 2009). Elma külleme hastalığına karşı kültürel mücadele yöntemleri, birincil inokulum kaynaklarını azaltmayı veya ortadan kaldırmayı hedefler (Holb, 2005). *P. leucotricha*'nın konukçu dokularda kışlayan zorunlu bir patojen olması nedeniyle, budama etkili bir sanitasyon yöntemidir. Ancak büyük işletmelerde işçilik maliyeti bu yöntemi sınırlayabilir (Yoder ve Hickey, 1983; Holb, 2005). Budama, fungusit uygulamalarıyla birlikte kullanıldığında daha etkili olur. Holb ve Kunz (2016), 'Jonathan' çeşidinde yapılan dört yıllık bir çalışmada, yıllık budama ile kimyasal mücadele kombinasyonunun, hastalık görülme oranını belirgin şekilde azalttığını raporlamıştır. Ayrıca erken dönemde yapılan koruyucu sistemik fungusit uygulamaları, enfekte sürgünlerin budanarak uzaklaştırılması ve dayanıklı çeşitlerin yetiştirilmesi gibi entegre yöntemler önerilmektedir. Kükürt, Fluxapyroxad+Difenoconazole ve Boscalid+Pyraclostrobin elma külleme hastalığına karşı ruhsatlı bazı fungusitlerdir (Anonim, 2025).

Benzer şekilde, *Sphaerotheca pannosa* var. *persicae* (Wall) Lev. Wor. şeftalide külleme hastalığına neden olan önemli bir obligat fungus türüdür. Özellikle genç yapraklar, sürgün uçları ve meyveler üzerinde belirgin enfeksiyon oluşturur. Enfekte yapraklarda gri-beyaz renkli fungal tabaka oluşur, bu yapraklar genellikle bükülür, kıvrılır ve zamanla kuruyarak dökülür. Genç meyvelerde ise yüzeyde beyaz renkli lekeler oluşur. Bu durum kabuk çatlaklarına, deformasyonlara ve pazar değerinin düşmesine yol açar. Fungus, kışı sürgün uçlarında ve tomurcuklarda kleistotesyum ve misel formunda geçirir. İlkbaharda havaların ısınmasıyla birlikte (özellikle 21–28 °C arası sıcaklıklarda), kuru hava koşullarında konidi üretimi artar ve enfeksiyon yayılır. Sık dikim, yoğun taç yapısı ve zayıf hava sirkülasyonu hastalığın şiddetini artırabilir (Anonim, 2008). Mücadelede büyüme sezonunun başında yapılan kükürt veya sistemik fungusit uygulamaları, taç içi budama ve hastalıklı sürgünlerin uzaklaştırılması önerilir. Ayrıca, fungusitlerin etkinliğini artırmak için hava durumu ve bitkinin fenolojik evreleri dikkate alınmalıdır. Kükürt dışında Tetraconazol, Fluopyram+Trifloxystrobin ve Mefentrifluconazole bu etmene karşı ülkemizde ruhsatlı fungusitlerdir (Anonim, 2025).

Erysiphales takımı altında yer alan diğer obligat fungus türleri de çeşitli meyve türlerinde hastalıklara neden olmaktadır. Örneğin, *Uncinula necator* (Schw.) Burr. (Sinonim: *Erysiphe necator*), bağlarda külleme hastalığının en yaygın etmeni olarak öne çıkar. Bu fungus türü, özellikle sıcak ve kuru iklim

koşullarında sezon boyunca ardışık enfeksiyonlarla yayılım gösterir. Hastalık etmeni, bağlarda külleme hastalığına yol açan başlıca obligat fungus türüdür ve özellikle *Vitis vinifera* çeşitlerinde yaygın olarak görülür. Fungus, yaprak, sürgün, çiçek ve meyve üzerinde enfeksiyon oluşturarak bağlarda hem vegetatif gelişimi hem de meyve kalitesini doğrudan etkiler. Enfekte yapraklarda önce yağ lekesine benzer klorotik lekeler oluşur, ardından bu alanlar üzerinde beyazgri renkte fungus tabakası gelişir. Erken dönemde hastalanan çiçeklerde meyve oluşmaz. Enfekte meyveler, yüzeyine un serpilmiş şekilde grimsi-beyaz renkte fungus spor tabakası ile kaplanır (Şekil 1). Hastalık ayrıca meyve kabuğunda çatlamalara ve meyve çekirdeğinin dışarıdan görünmesine neden olabilir (Gadoury ve ark., 2007; Anonim, 2008; Gadoury ve ark., 2011). Enfekte salkımlarda meyve tutumu azalır, gelişim geriler, şarap ve kurutmalık meyve üretiminde kalite kayıpları yaşanır. Fungus kış dönemini, bağ kabuğunun çatlaklarında ya da tomurcuk pulları arasında miselyum halinde geçirir (Şekil 2). İlkbaharda ortalama 20-27 °C sıcaklık etmenin optimum gelişimini sağlar.



**Şekil 1.** *Erysiphe necator*'un asmada tane sapı (a) ve meyve yüzeyinde (b) oluşturduğu enfeksiyon belirtileri (Atay ve ark., 2023).

Gündüzlerin sıcak ve akşamların serin olduğu havalar hastalık yayılımı için en uygun koşullardır. Hastalık diğer birçok fungal patojenden farklı olarak yüksek neme ihtiyaç duymaz, bu özelliğiyle kuru iklim bölgelerinde de







kullanılması önerilir. Nitekim Etkin bir mücadele için tahmin ve uyarı sistemlerinin kullanılması, gereksiz ilaçlamaların önlenmesi ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Bordo bulamacı, Azoxystrobin+Difenoconazole, Azoxystrobin+Tebuconazole ve Cyazofamid, Metalaxyl gibi etken maddeli fungusitler bu etmenle mücadelede ruhsatlıdır (Anonim, 2025).

Sert çekirdekli meyvelerde yaygın olarak görülen bir diğer obligat fungus türü ise şeftali yaprak kıvrıcıklığı etmeni *Taphrina deformans* (Berk.) Tul.'dır. Bu etmen, şeftali ve nektarin gibi türlerde yapraklarda kıvrılma, kabarma, renk değişikliği ve deformasyonlara neden olur. Hastalığın şiddetli olduğu durumlarda yapraklar tamamen kuruyarak dökülür, bu da fotosentez kapasitesinin düşmesine ve ağaç gelişiminin gerilemesine yol açar. Ayrıca genç sürgünlerde anormal büyümeler ve şekil bozuklukları meydana gelir (Anonim, 2008; Ciobanu, 2012).

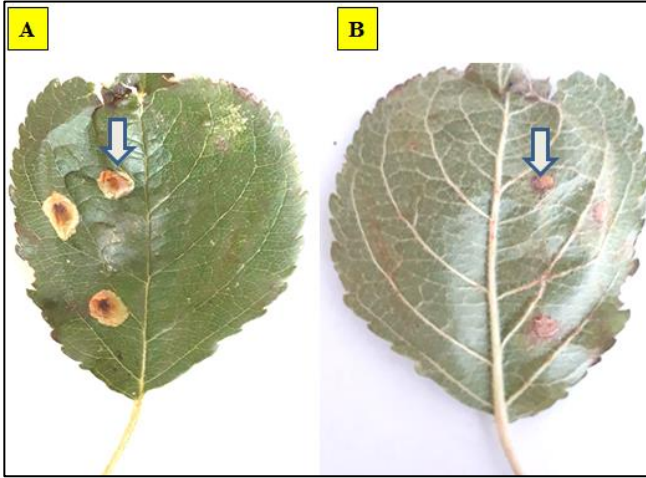
Fungus kış aylarında ağacın yüzey dokularında inaktif halde bulunur ve ilkbaharda serin ve nemli koşullarda enfeksiyon yapar. 20 °C derece civarı sıcaklıklar etmenin sporlarının çimlenmesi için optimum koşulları sağlar (Anonim, 2008). Enfeksiyon genellikle tomurcukların patladığı dönemde gerçekleştiğinden, koruyucu fungusit uygulamalarının (Captan, Bordo Bulamacı, bakır oksit ve Dodine gibi) bu evreden önce yapılması kritik önemdedir. Mücadelede yağışlı bölgelerde hassas çeşitlerin yetiştirilmesinden kaçınılması önerilmektedir.

*Gymnosporangium* türleri, meyve ağaçlarında hastalık oluşturan önemli pas fungusları arasında yer almakta ve dünya genelinde yayılım göstermektedir (Helfer, 2005). Bu funguslar obligat parazit olup, yaşam döngülerini tamamlamak için mutlaka canlı bir konukçuya ihtiyaç duyarlar (Deacon, 2006). Bazı türler yaşam döngüsünü tek bir konukçuda (autoecious), bazıları ise iki farklı konukçuda (heteroecious) tamamlar. Heteroecious türlerde döngü, ardıc gibi Cupressaceae familyasından bitkiler ile elma, armut, ayva gibi Rosaceae familyasından bitkiler arasında gerçekleşir (Kern, 1911; Peterson, 1982).

Pas fungusları genel olarak yaşam döngülerine göre macrocyclic, demicyclic ve microcyclic olmak üzere üçe ayrılır (Mohan, 2010). Macroyclic türler beş farklı spor evresi geçirir: pycniospor, aeciospor, urediniospor, teliospor ve basidiospor (Scott ve Chakravorty, 1982). Bu döngüde, sporlar genellikle rüzgâr, su veya böcekler aracılığıyla yayılır ve bitki

yüzeyine ulaştıktan sonra enfeksiyon oluşturur. Fungus, stoma yoluyla bitki içine girerek haustorium adlı yapılarla hücre duvarına nüfuz eder, böylece beslenmesini sağlar (Deising ve ark., 2000; Hahn, 2000; Garnica ve ark., 2014).

Özellikle *Gymnosporangium juniperi-virginianae* elma ağaçlarında görülen ardıç-elma pası hastalığına neden olur. Hastalık, yapraklarda turuncu lekeler, meyve ve sürgünlerde deformasyon ile fotosentez kaybına yol açar. Bu da bitki gelişimini ve verimi olumsuz etkiler (Kim ve Kim, 1980). Dünya genelinde yaklaşık 60 kadar *Gymnosporangium* türü tanımlanmış olup en yaygın ve zararlılarından biri *G. sabinae*'dir. Bu tür, Avrupa armut pası hastalığına neden olmakta ve ekonomik zararları ciddi boyutlara ulaşmaktadır (Helfer, 2005).



**Şekil 4.** Memeli pas hastalığı ile enfekte olmuş elma yaprağının üst yüzeyinde koyu renkli pycnidium yapıları (A), alt yüzeyinde ise kabarık, meme benzeri aecidium oluşumları (B) görülmektedir. Bu yapılar, patojenin yaşam döngüsünde farklı spor evrelerini temsil eder (Atay, 2023).

Mücadele yöntemleri arasında kültürel önlemler (hastalıklı dalların uzaklaştırılması, enfeksiyon kaynaklarından kaçınma), kimyasal uygulamalar (fungusitler), dayanıklı çeşitlerin kullanımı, biyolojik mücadele ve konukçu bitkilerin aralığının yönetimi yer almaktadır (Fischer ve Weber, 2005; Dolinska ve Schollenberger, 2011). Özellikle ardıç-elma pasında enfeksiyonun engellenmesi için, ardıçların telial yapılar oluşturmada budanması önerilmektedir. *Gymnosporangium* türleri ile etkili mücadele için yaşam

döngülerinin iyi anlaşılması ve konukçular arasındaki etkileşimin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır (Peterson, 1974).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Obligat funguslar yalnızca canlı konukçu dokular üzerinde yaşayabilen, biyolojik açıdan karmaşık patojenlerdir. Meyvecilikte yaygın görülen külleme, mildiyö, yaprak kıvrıcıklığı ve memeli pas gibi başlıca hastalıklara neden olarak ürün verimi ve kalitesi üzerinde ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadırlar. Bu etmenlerin yaşam döngüsünün canlı dokuya bağımlı olması hem tanı hem de mücadele süreçlerini zorlaştırmaktadır.

Obligat funguslarla etkili mücadele, yalnızca kimyasal uygulamalara dayalı stratejilerle mümkün değildir. Bu patojenlerin yaşam döngüsü, enfeksiyon koşulları ve yayılma yollarının detaylı biçimde anlaşılması, başarılı bir kontrol stratejisinin temelini oluşturur. Özellikle *Gymnosporangium* türlerinin neden olduğu pas hastalıklarında, iki farklı konukçudaki yaşam evrelerinin ve sporların çevresel koşullarla ilişkili yayılımının dikkate alınması gereklidir. Bu bağlamda entegre hastalık yönetimi (IPM), sürdürülebilir ve çevre dostu yaklaşımlar açısından ön plana çıkmaktadır. Hastalıkların baskılanmasında dayanıklı çeşitlerin tercih edilmesi, hava sirkülasyonunu artıracak budama uygulamaları, enfekte bitki artıklarının ortamdaki uzaklaştırılması ve fungusların bitkinin fenolojik dönemine uygun zamanlarda uygulanması önemlidir. Enfeksiyon başlamadan önce alınacak önlemler, hastalık yönetiminde en etkili sonuçları vermektedir.

İklim değişikliği, obligat fungusların yayılım alanlarını ve enfeksiyon şiddetini etkilemektedir. Artan sıcaklık ve değişken nem koşulları, patojenlerin daha geniş alanlarda yayılmasına zemin hazırlamaktadır. Bu nedenle bölgesel iklim verilerine dayalı erken uyarı sistemlerinin kurulması, zamanında müdahale olanağı sağlayarak kimyasal kullanımı azaltabilir.

Sonuç olarak, obligat funguslarla mücadelede başarı; patojen biyolojisinin iyi anlaşılmasına, çevresel verilerin dikkatle izlenmesine, kültürel önlemler ile kimyasal mücadelenin entegre biçimde yürütülmesine bağlıdır. Hastalıkların erken teşhisi, uygun mücadele yöntemlerinin seçimi ve üreticilerin bu konuda bilinçlendirilmesi, sürdürülebilir meyve üretimi açısından büyük önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

- Agrios, G.N. (2005). Plant pathology (5th Edit.). Elsevier Academic Press: San Diego, CA, USA.
- Anonim, (2008). Zirai Mücadele Teknik Talimatları (Cilt 4). Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Anonim, (2025). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Bitki Koruma Ürünleri Daire Başkanlığı, Bitki Koruma Ürünleri Veri Tabanı. <https://bku.tarimorman.gov.tr/> (Erişim tarihi: 14.10.2025).
- Atay, M. (2023). *Gymnosporangium* türlerinin meyve ağaçlarında neden oldukları pas hastalıkları. M. Avan (Ed.), *Tarım Bilimlerinde Yenilikçi Multidisipliner Yaklaşımlar* (s.155-183) içinde. Ankara: İksad Yayınevi.
- Atay, M., Odabaşoğlu, M.İ. & Karaat, Ş. (2023). Bağlarda görülen fungal hastalık etmenleri. A. Çakır & M.İ. Odabaşoğlu (Eds.), *Bahçe Bitkileri Faaliyetlerinde Yenilikçi Yaklaşımlar-3* (ss.249-286) içinde. Ankara: İksad Yayınevi.
- Blaeser, M. & Weltzien, H.C. (1979). Epidemiologische Studien an *Plasmopara viticola* zur Verbesserung der Spritzterminbestimmung. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 86, 489-498.
- Ciobanu, R. (2012). The influence of Taphrina Deformans (Berkeley) Tulasne (Peach leaf curl) attack on the activity of some oxidoreductases in cultivar Cardinal. *Food and Environmental Safety – J. of Faculty of Food Engineering*, 9(4), 30-35.
- Conigliaro, G., Burruano, S. & Laviola, C. (1996). Visualizzazione delle strutture di *Plasmopara viticola* in tessuti non sezionati di Vitis vinifera. *Informatore Fitopatologico*, 11, 4-45.
- Deacon, J. (2006). Fungal Biology. Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ.
- Deising, H.B., Werner, S. & Wernitz, M. (2000). The role of fungal appressoria in plant infection. *Microbes and Infectious*, 2(13), 1631-1641.
- Dolinska, T. & Schollenberger, M. (2011). Relationship between *Gymnosporangium sabinae* (pear rust) and *Cladosporium herbarum*. *Progr. Plant Protection*, 51(2), 644-647.

- Dracatos, P.M., Haghdoust, R., Singh, D. & Park, R.F. (2018). Exploring and exploiting the boundaries of host specificity using the cereal rust and mildew models. *New Phytologist*, 218, 453-462.
- Duplessis, S., Cuomo, C.A., Lin, Y.C., Aerts, A., Tisserant, E., Veneault-Fourrey, C. & Martin, F. (2011). Obligate biotrophy features unraveled by the genomic analysis of rust fungi. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(22), 9166–9171.
- Figueroa, M., Hammond-Kosack, K.E. & Solomon, P.S. (2017). A review of wheat diseases – a field perspective. *Molecular Plant Pathology*, 19, 1523-1536.
- Figueroa, M., Upadhyaya, N.M., Sperschneider, J., Park, R.F., Szabo, L.J., Steffenson, B., Ellis, G.J. & Dodds, P.N. (2016). Changing the game: using integrative genomics to probe virulence mechanisms of the stem rust pathogen *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. *Frontiers in Plant Science*, 7(205), 1-10.
- Fischer, M. & Weber, H.J. (2005). Birnenanbau Integriert und Biologisch. Eugen Ulmer, Stuttgart, Hohenheim.
- Gadoury, D.M., Seem, R.C., Wilcox, W.F., Henick-Kling, T., Conterno, L., Day, A. & Ficke, A. (2007). Effects of diffuse colonization of grape berries by *Uncinula necator* on bunch rots, berry microflora, and juice and wine quality. *Phytopathology*, 97, 1356–1365.
- Gadoury, D.M., Wilcox, W.F., Rumbolz, J. & Gubler, W.D. (2011). Powdery mildew. Grapevine powdery mildew (*Erysiphe necator*): a fascinating system for the study of the biology, ecology and epidemiology of an obligate biotroph. *Molecular plant pathology*, 13(1), 1-16.
- Garnica, D.P., Nemri, A., Upadhyaya, N.M., Rathjen, J.P. & Dodds, P.N. (2014). The ins and outs of rust haustoria. *PLoS Pathog* 10(9): e1004329.
- Gobbin, D., Jermini, M., Loskill, B., Pertot, I., Raynal, M. & Gessler, C. (2005). Importance of secondary inoculum of *Plasmopara viticola* to epidemics of grapevine downy mildew. *Plant Pathology*, 54, 522–534.
- Goheen, A.C. & Pearson, R.C. (Eds.). (1988). *Compendium of grape diseases*. APS Press.
- Gouveia, C., Santos, R.B., Paiva-Silva, C., Buchholz, G., Malhó, R. & Figueiredo, A. (2024). The pathogenicity of *Plasmopara viticola*: a

- review of evolutionary dynamics, infection strategies and effector molecules. *BMC Plant Biology*, 24(1), 327.
- Grau, C.R., Dorrance, A.E., Bond, J. & Russin, J.S. (2004). Fungal diseases. In: *Soybeans: Improvement, Production, and Uses*, R.M. Shibles. et al. (Eds.), (pp. 679-763). American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America, Madison: WI, USA.
- Hahn, M. (2000). The rust fungi: cytology, physiology and molecular biology of infection. In: *Fungal pathology*, J.W. Kronstad (Ed.), (pp. 267-306). Springer, Dordrecht: Netherlands.
- Hardham, A.R. (2009). The asexual life cycle. In: *Oomycete Genetics and Genomics: Diversity, Interactions and Research Tools*, K. Lamour & S. Kamoun (Eds.), (pp. 93-119). Wiley, Blackwell: Oxford, UK.
- Helfer, S. (2005). Overview of the rust fungi (Uredinales) occurring on Rosaceae in Europe. *Nova Hedwigia*, 81, 325-370.
- Holb, I.J. & Kunz, S. (2016). Integrated control of apple scab and powdery mildew in an organic apple orchard by combining potassium carbonates with wettable sulfur, pruning, and cultivar susceptibility. *Plant Diseases*, 100, 1894-1905.
- Holb, I.J. (2005). Effect of pruning on disease incidence of apple scab and powdery mildew in integrated and organic apple production. *Int. Journal of Horticultural Sciences*, 11, 57-61.
- Holb, I.J. (2009). Apple powdery mildew caused by *Podosphaera leucotricha*: Some important features of biology and epidemiology. *International Journal of Horticultural Science*, 15, 45-51.
- Jain, A., Sarsaiya, S., Wu, Q., Lu, Y. & Shi, J. (2019). A review of plant leaf fungal diseases and its environment speciation. *Bioengineered*, 10(1), 409-424.
- Jones, J.D.G. & Dangl, J.L. (2006). The plant immune system. *Nature*, 444, 323-329.
- Kemen, A.C., Alger, M.T. & Kemen, E. (2015). Host-microbe and microbe-microbe interactions in the evolution of obligate plant parasitism. *New Phytologist*, 206, 1207-1228.
- Kemen, E. & Jones, J.D.G. (2012). Obligate biotroph parasitism: can we link genomes to lifestyles? *Trends in Plant Science*, 17(8), 448-457.

- Kern, F.D. (1911). A biologic and taxonomic study of the genus *Gymnosporangium*. *Bulletin of the New York Botanical Garden*, 7, 391-483.
- Kim, S.C. & Kim, C.H. (1980). Studies on the disease of pear rust caused by *Gymnosporangium haraeae* Sydow I. Some ecological investigation of inoculum source. *Korean Journal of Plant Protection*, 19, 39-44.
- Kurt, Ş. (2020). Bitki Fungal Hastalıkları. Akademisyen Kitabevi, Ankara.
- Lāce, B. (2017). *Gymnosporangium* species – an important issue of plant protection. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 71(3), 95.
- Lafon, R. & Clerjeau, M. (1988). Downy mildew. In: Goheen, A.C. & Pearson, R.C. (Eds.), *Compendium of grape diseases*, (pp.11-13). APS Press,
- Mohan, C. (2010). Rust Fungi of Kerala. Kerala Forest Research Institute, Kerala, India.
- Pearson, R.C., Aldwinckle, H.S. & Seem, R.C. (1977). Teliospore germination and basidiospore formation in *Gymnosporangium juniperi-virginianae*: a regression model of temperature and time effects. *Canadian Journal of Botany*, 55(22), 2832–2837.
- Peterson, R.H. (1974). The rust fungus life cycle. *The Botanical Review*, 40(4), 453–513.
- Peterson, R.S. (1982). Rust fungi (Uredinales) on Cupressaceae. *Mycologia*, 74, 903–910.
- Scott, K.J. & Chakravorty, A.K. (1982). The Rust fungi. Academic Press, London, UK.
- Scott, K.J. (1972). Obligate parasitism by phytopathogenic fungi. *Biological Reviews*, 47(4), 537–572.
- Spanu, P.D. (2012). The genomics of obligate (and non-obligate) biotrophs. *Annual Review of Phytopathology*, 50, 91–109.
- Spatafora, J.W., Aime, M.C., Grigoriev, I.V., Martin, F., Stajich, J.E. & Blackwell, M. (2017). The fungal tree of life: from molecular systematics to genome-scale phylogenies. *Microbiology Spectrum*, 5, 3–34.
- Staples, R.C. (2000). Research on the rust fungi during the twentieth century. *Annual Review of Phytopathology*, 38, 49–69.
- Tohumcu, E. & Bolat, A. (2025). Evaluation of plant activators and preparations for control of red leaf blotch disease (*Polystigma*



- amygdalinum* PF Cannon) in almond cultivation in Turkey. *Applied Fruit Science*, 67(4), 252.
- Voegele, R.T. & Mendgen, K. (2011). Nutrient uptake in rust fungi: how sweet is parasitic life? *Euphytica*, 179, 41-55.
- Wu, C.H., Derevnina, L. & Kamoun, S. (2018). Receptor networks underpin plant immunity. *Science*, 360, 1300-1301.
- Yoder, K.S. & Hickey, K.D. (1983). Control of apple powdery mildew in the mid-Atlantic region. *Plant Disease*, 67, 245-248.
- Zachos, D.G. (1959). Recherches sur la biologie et l'épidémiologie du mildiou de la vigne en Grèce. Bases de prévision et d'avertissements. *Enaki Phytopathological Institute*, 2, 193-335.

## BÖLÜM 12

### KAYISI (*Prunus armeniaca* L.) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE GÖRÜLEN ÖNEMLİ FUNGAL HASTALIK ETMENLERİ

Ziraat Yük. Müh. Murat KARACA<sup>1\*</sup>,  
Arş. Gör. Dr. Mehmet ATAY<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17572519>

<sup>1</sup>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Hatay, Türkiye.  
muratkaracamatya@gmail.com, Orcid: 0000-0002-3752-7581

<sup>2</sup>Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adıyaman, Türkiye.  
matay@adiyaman.edu.tr, Orcid: 0000-0001-5751-4764

\*Sorumlu yazar: muratkaracamatya@gmail.com



## 1. GİRİŞ

Kayısı (*Prunus armeniaca* L.), meyveleri (Şekil 1) tüketiciler tarafından oldukça beğenilen ve dünya genelinde yetiştiriciliği yapılan en önemli meyve türlerinden biridir (Ruiz ve Egea, 2008). Bu meyve türü Rosaceae (Gülgiller) familyasına ait bitkilerden biri olup sert çekirdekli meyve türleri içerisinde sınıflandırılmaktadır (Bailey ve Houge, 1975). Kayısının orijininin Orta Asya ve Batı Çin bölgeleri olduğu bilinmekle birlikte, zaman içerisinde bu değerli meyve türü, uygun iklim koşullarının sağlandığı farklı coğrafyalara yayılmış ve bugün itibarıyla Akdeniz havzasından başlayarak Orta Doğu, Kafkasya, Güney Avrupa, Kuzey Afrika ve hatta Avustralya kıtasına kadar uzanan geniş bir coğrafyada, ılıman iklim kuşağına sahip pek çok bölgede başarıyla yetiştirilmektedir (Asma, 2000).



**Şekil 1.** Kayısı (*Prunus armeniaca*) ağacının olgunlaşma dönemindeki meyveleri (orijinal foto)

Kayısı meyveleri sofralık yaş ve kuru tüketilmekle birlikte (Şekil 2), endüstriyel sanayide marmelat, reçel, meyve suyu, pasta jölesi ve çeşitli şekerleme ürünlerinin yapılmasında ana madde veya katkı maddeleri olarak da kullanıldığı bilinmektedir (Yıldız, 1994).

Kayısı yetiştiriciliği ile ilgili yapılan literatür araştırmalarına bakıldığında, meyvelerin ham veya işlenilmiş gıda olarak kullanılmasının insan beslenmesi açısından oldukça besleyici özelliğe sahip olduğu, yaş ve güneşte kurutulmuş kayısılarda; A vitamini, şeker, diyet lifi, kalsiyum, potasyum ve fosfor gibi vitamin ve minerallerin yüksek düzeylerde bulunduğu

bildirilmiştir (Pala ve ark., 1994; Yücecan, 1994). Ayrıca kayısı meyvelerinin çekirdeği; Türkiye, Pakistan, Çin, Hindistan ve Batı Kafkasya gibi ülkelerde kanser ilacı yapımında da kullanıldığı bilinmektedir (Sağiroğlu ve ark., 2013).



**Şekil 2.** Güneşte bekletilerek (solda) ve kükürt (sağda) ile kurtulmuş kayısı meyveleri (orijinal foto)

Günümüzde ekonomik olarak yetiştiriciliği yapılan kayısının 2023 yılı üretim verilerine bakıldığında dünya genelinde yaklaşık olarak 4 milyon tona yakın üretimin yapıldığı görülmektedir. 2023 yılında, dünyada en fazla kayısı üreten ülkeler arasında 750 bin ton üretimi ile Türkiye lider konumda yer alırken, Türkiye'yi Özbekistan ve İran izlemiştir (Çizelge 1). Bu 3 ülke, 2023 yılında dünyada üretilen toplam kayısının %41'inden fazlasını üretmişlerdir (FAO, 2025).

**Çizelge 1.** 2023 yılında Dünyada başlıca kayısı üreticisi ülkeler ve üretim miktarları

| Sıra          | Ülke       | Üretim Miktarı (ton) | Üretim Payı (%) |
|---------------|------------|----------------------|-----------------|
| 1             | Türkiye    | 750.000              | 19,75           |
| 2             | Özbekistan | 500.545              | 13,18           |
| 3             | İran       | 318.475              | 8,39            |
| 4             | İtalya     | 207.190              | 5,46            |
| 5             | Cezayir    | 200.566              | 5,28            |
| 6             | Pakistan   | 135.062              | 3,56            |
| 7             | Afganistan | 155.429              | 4,09            |
| 8             | Fransa     | 127.780              | 3,36            |
| 9             | Ermenistan | 114.494              | 3,01            |
| 10            | İspanya    | 108.450              | 2,86            |
|               | Diğerleri  | 1.179.275            | 31,03           |
| <b>Toplam</b> |            | <b>3.797.266</b>     | <b>%100</b>     |

Dünyanın başlıca kayısı üreticisi ülkelerinden olan Türkiye'de 2024 yılına üretim miktarı bir önceki yıla göre artmış olup Çizelge 2'de de

görüreceği üzere 2024 yılında toplamda 1.3 milyon tona yakın kayısı üretimi gerçekleştirilmiştir (TÜİK, 2025). Birçok ilde üretim yapılmasına rağmen uygun coğrafi koşullara sahip olmasından dolayı Doğu Anadolu Bölgesinden özellikle Malatya ili, üretimde öncü il durumundadır. Malatya ilini takip eden illerden Mersin, Elâzığ, Iğdır ve Hatay illeri 2024 yılında sırasıyla Türkiye’de en fazla üretimin gerçekleştirildiği iller olup (Çizelge 2) bu illerin üretmiş oldukları kayısı miktarı; tüm üretimin yaklaşık %80’ine denk gelmektedir (TÜİK, 2025).

**Çizelge 2.** 2024 yılında Türkiye’de en fazla kayısı üreticisi iller ve üretim miktarları

| Sıra          | İl            | Üretim Miktarı (ton) | Üretim Payı (%) |
|---------------|---------------|----------------------|-----------------|
| 1             | Malatya       | 690.730              | 54,42           |
| 2             | Mersin        | 157.564              | 12,42           |
| 3             | Elâzığ        | 66.604               | 5,25            |
| 4             | Hatay         | 49.446               | 3,90            |
| 5             | Kahramanmaraş | 46.390               | 3,66            |
| 6             | Isparta       | 45.341               | 3,57            |
| 7             | Antalya       | 42.314               | 3,33            |
| 8             | Iğdır         | 39.534               | 3,12            |
| 9             | Kayseri       | 21.030               | 1,66            |
| 10            | Sivas         | 16.483               | 1,30            |
|               | Diğerleri     | 93.564               | 7,37            |
| <b>Toplam</b> |               | <b>1.269.000</b>     | <b>%100</b>     |

Kayısı, Türkiye açısından büyük ekonomik ve tarımsal öneme sahip bir ürün olup, üretimini olumsuz etkileyen başlıca faktörlerin başında ilkbahar geç donları gelmektedir. Bunun yanı sıra çeşitli fungal, viral ve bakteriyel hastalık etmenleri gibi biyotik faktörler ile farklı çevresel stres koşullarını içeren abiyotik faktörler, kayısıların verimini önemli ölçüde sınırlandırmaktadır. Biyotik faktörler içerisinde yer alan çiçek monilyası (*Monilinia laxa*), meyve monilyası (mumya) (*Monilinia fructigena*), yaprak delen-çil (*Coryneum beijerinckii*), Cytospora kanseri (*Cytospora cincta*), kayısı sürgün ve dal yanıklığı (*Pseudomonas syringae* pv *syringae*), kök çürüklükleri (*Armillaria mellea* ve *Rosellinia necatrix*) ve Sharka virüsü (Plum pox) gibi etmenler ciddi anlamda verim ve kalite kayıplarına sebep olabilmektedir (Asma, 2000; Anonim, 2006; Anonim, 2017; Giovanardi ve ark., 2018). Bu hastalıkların yanı sıra, Kanada’da kayısı ve nektarin ağaçlarında kansere neden olan *Diplodia seriata*’nın varlığı yakın zamanda rapor edilmiştir (Ellouze ve Ilyukhin, 2024). Türkiye’de ise yine kayısı

bahçelerinde oldukça ciddi zararları olan ve konukçusu olan ağaçlarda sürgün yanıklığı, geriye doğru ölüm ve kansere neden olan *Neoscytalidium dimidiatum*'un varlığı yakın zamanda bildirilmiştir (Oksal ve ark., 2020).

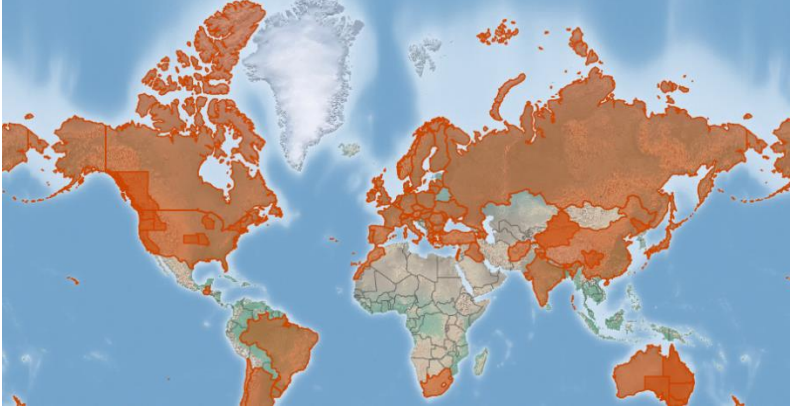
## 2. KAYISI YETİŞTİRİCİLİĞİNDE GÖRÜLEN FUNGAL HASTALIK ETMENLERİ

### 2.1. *Monilinia laxa* (Aderhold & Ruhland) Honey

Ascomycota şubesi içerisinde yer alan *Monilinia laxa*, dünya çapında yaygın olarak görülen ve sert çekirdekli meyvelerde çürümeye neden olan önemli bitki patojeni fungus cinsidir (Holb, 2008; Obi ve ark., 2018). Bu türün ülkemizde ve Orta Avrupa'daki kayısı üretiminde ciddi ürün kayıplarına yol açtığı ve bu durumun üreticiler açısından önemli ekonomik kayıplara neden olduğu bildirilmiştir (Oliveira ve ark., 2016). *M. laxa*, özellikle İsviçre'de organik kayısı üretim alanlarında görülen en önemli fungal hastalık etmenlerinden biri olarak bildirilmiş olup (Christen ve ark., 2011), esas olarak kayısı ağaçlarının dallarını ve çiçeklerini enfekte etme yeteneğine sahiptir (Byrde ve Willetts, 1977; Holb, 2006).

Etmenin sporları mumyalanmış meyve ve ağaç üzerindeki kanserlerde kışı geçirerek, ertesi yıl enfeksiyon kaynağını oluşturmaktadır (Oliveira ve ark., 2016). Fungusa ait sporlar rüzgâr ve yağmur yoluyla etrafa yayılmaktadır. Kayısı çiçeği içerisine giriş yapan sporlar bitki özsuyla birlikte dallardan aşağı doğru ilerleyip bitkinin diğer toprak üstü kısımlarına yayılmaktadır. Saldırıya uğrayan dallarda nekroz ve kanserler gelişerek bitki özsuyunun dolaşımını engellemekte ve dalların kurumasına neden olmaktadır (Holb, 2008). Ayrıca etmenin kayısı ağaçlarında oluşturduğu zamk benzeri akıntılar sıklıkla görülebilmektedir (Hrustić ve ark., 2012). Hastalığın gelişebilmesi, dalların ve çiçeklerin sporlanması ve enfekte olabilmesi için, etmen yüksek hava nemine ve düşük sıcaklığa (10-12 °C) ihtiyaç duymaktadır (Tamm ve Fluckiger, 1993). Fungusun yıl boyunca iki önemli enfeksiyonu bulunmakta olup, bunlardan ilki özellikle uygun hava koşullarının hâkim olduğu çiçeklenme döneminde gerçekleşir; bu dönemde açan çiçekler enfeksiyona karşı oldukça hassastır (Holb, 2008; Tresson ve ark., 2020). Olumsuz hava koşullarında enfeksiyon gizli kalabilmekte (latent) ve hasat sonrasında meyvelerde şekilsel olarak bozulma belirtileri gösterebilmektedir (Obi ve ark., 2018). İkinci enfeksiyon ise hasat döneminde, genellikle

yaralanmış meyveler üzerinden veya enfekteli meyvelerle temas yoluyla gerçekleşmektedir. Bu iki enfeksiyon döneminin birbirinden bağımsız olarak geliştiği bilinmektedir (Wagner ve ark., 2005).



**Şekil 3.** *Monilinia laxa*'nın dünyadaki yayılımı (Anonim, 2024)

Çiçek enfeksiyonlarına bakıldığında; etmen enfekte olmuş çiçeklerin taç yapraklarını, dişiçik borusunu ve erkek organlarını kahverengileştirerek tüm çiçeği kaplar ve bu alanlar üzerinde etmenin konidiosporlarının meydana gelir. Enfekte olmuş çiçekler zamanla kurur ve zamlı akıntısıyla birlikte dallar üzerinde asılı kalır (Şekil 4). Çiçeklerin enfekte olmasıyla birlikte sürgünlerde kuruma meydana gelir ve kanser yaraları oluşur. Bu yaralar kapanmaz, genellikle uzun yarıklar şeklinde görülür. Oluşan kanser yaralarının etrafında ise zamlı akıntısı gözlenir (Anonim, 2017).

Meyvelerin olgunlaşmaya başladığı dönemlerde meyve enfeksiyonları ortaya çıkmaktadır. Enfeksiyonla birlikte meyve kabuğunda kahverengi lekelenmeler ilk olarak ortaya çıkar ve lekelerin etrafı açık renkli halkalar ile çevrilidir. Etmenin gelişmesiyle birlikte çürüklük meyvenin iç kısmına ilerler, fakat lekelerde herhangi bir çukurlaşma görülmez. Lekeler üzerinde yeşilimsi-gri renkli konidiosporlar oluşur ve meyve üzerinde bulunan miselyumlar meyveyi zamanla mumyalaştırıp ağaç üzerindeki dalda asılı kalmasına neden olur (Anonim, 2017).





**Şekil 4.** *Monilinia laxa*'nın kayısı ağacının çiçek ve sürgünlerinde oluşturduğu kurumalar (orijinal foto)

Hastalığın mücadelesi amacıyla bazı kültürel önlemler ve kimyasal mücadele yöntemleri mevcuttur. Enfekteli çiçekleri taşıyan sürgün ve dalların budanıp yakılması, ağaç üzerinde mumyalaşmış halde bulunan veya yere düşmüş enfekteli meyvelerin toplanarak imha edilmesi alınabilecek kültürel önemler arasındadır (Anonim, 1995).

*Monilinia* enfeksiyonunu önlemek için kayısı bahçelerinde, fungusun çiçeklere ve meyvelere yayılmasını önlemek amacıyla çiçeklenme ve hasat zamanlarında kimyasal fungisitlerle hastalık kontrol altına alınabilmektedir (Frische ve ark., 2018). Çiçeklerin açmaya başlaması ve tam çiçeklenme döneminde olmak üzere yılda 2 ilaçlama yapılarak hastalık kontrol altına alınabilir (Anonim, 1995). Ayrıca dayanıklı kayısı çeşitlerin geliştirilmesi, bu hastalığının kontrolü için ideal bir strateji olabileceği bildirilmiştir (Obi ve ark., 2018).

## **2.2. *Wilsonomyces carpophilus* (Lev.) Adaskaveg, Ogawa & Butler**

*Wilsonomyces carpophilus* (Sinonimler: *Stigmina carpophila*, *Coryneum beijerincki*), sert çekirdekli meyve türlerinden başlıca şeftali, nektarin, kayısı, erik ile kiraz gibi meyvelerde yaprak delen (çil) hastalığına neden olan, dünya genelinde ciddi ekonomik kayıplara yol açan önemli bir bitki patojeni fungus türü olup (Ivanova ve ark., 2012) etmenin taksonomik sınıflandırılması aşağıdaki şekildedir (EPPO, 2025).

**Alem:** Fungi  
**Şube:** Ascomycota  
**Altşube:** Pezizomycotina  
**Sınıf:** Dothideomycetes  
**Altsınıf:** Pleosporomycetidae  
**Takım:** Pleosporales  
**Familya:** Dothidotthiaceae  
**Cins:** Wilsonomyces  
**Tür:** Wilsonomyces carpophilus

Sert çekirdekli meyvelerde yaygın olarak görülen (Bubici, 2010; Dar ve ark., 2017), *Wilsonomyces carpophilus* ilk olarak Fransa'da bildirilmiş olup daha sonra Güney ve Kuzey Amerika, Afrika, Avustralya, Yeni Zelanda ve İran'da da tespit edilmiştir (Grantina-Ievina ve ark., 2015; He ve ark., 2016).

Hastalık etmeni; konukçusu olan kayısı ağaçlarının tomurcuklarını, dallarını, yapraklarını, çiçeklerini ve meyvelerini enfekte edebilmektedir. Enfeksiyon, serin ve nemli geçen ilkbahar döneminde daha çok görülmekle birlikte, uzun süreli yağışlı havalarda herhangi bir zamanda ortaya çıkabilir ve etmen her mevsimde zarar verebilir (Evans ve ark., 2008; Yousefi ve Shahri, 2014).

Hastalık ilk olarak taze yapraklar üzerinde oluşan 1 mm çapında yuvarlak, kırmızı renkli lekelenme şeklinde belirti gösterip lekelerin etrafı açık renkli bir hale ile çevrilmiştir. Hastalığın ilerleyen aşamalarında bu lekeler yaklaşık 3 mm çaplı kahverengimsi bir görünüm haline dönüşmektedir. 5-10 gün sonra bu lekeli alanlar dökülür ve yapraklarda saçma deliğine benzer delikler meydana gelir (Anonim, 2019). Hastalık etmeni kayısı meyveleri üzerinde ise 1-2 mm çapında meyve sapına yakın alanlarda dağınık ve yuvarlak şekilde koyu kırmızı açık renkli (Şekil 5) lekelenme belirtisi göstermektedir. Bu lekeler zamanla şişkin bir hal alıp koyu kırmızı veya kahverengi görünümünde olmaktadır (Anonim, 2008).



Şekil 5. Kayısıda yaprak delen (çil) hastalığının meyvedeki görünümü (orijinal foto)

Sıcak ve kuru havalarda, fungus yapraklarda lezyonlara neden olur ve ardından yaprak dökümü görülür. Ancak genellikle hastalık ağaçlarda tam yaprak dökümüne yol açmaz. Sürgünlerde, lezyonlar açık yaralara (kanserlere) dönüşebilir ve bu bölgelerden zambak (reçine) salgılanabilir.

Patojen (hastalık etmeni), ılıman iklimlerde kabuk yüzeyinde veya tomurcuk pullarında miselyum ya da konidyum (spor) halinde kışlayarak hayatta kalır. Şeftalilerde şiddetli enfeksiyonlar genellikle sonbaharda, kayısı ve bazen kirazlarda ise ilkbaharda gelişir (EPPO, 2025).

Hastalığın kültürel mücadelesinde, enfekte olmuş bitki artıklarının imha edilmesi ve kimyasal mücadelesinde ise fungusit uygulamalarının (sonbaharda yaprak döküldüğünde, ilkbaharda tomurcuk kırılmasından önce ve olgunlaşmamış meyve aşamasında) yapılması gerekmektedir (EPPO, 2004). Bunun haricinde dayanıklı çeşitlerin kullanımı ekonomik açıdan önemli hastalık ve zararlılarla mücadelede önem arz etmektedir (Mitre ve ark., 2015).

### 2.3. *Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) Kummer

*Armillaria* türleri 600'den fazla ağaç, çalı ve otsu bitki türünü enfekte edebilen önemli bitki patojenleridir. *Armillaria mellea*'nın sebep olduğu kök çürüklüğü, dünya genelinde ormanlık alanlarda, bahçecilik plantasyonlarında ve ev bahçelerinde odunsu bitkilerin en önemli hastalığını oluşturmaktadır (Hood ve ark., 1991; Shaw ve Kile, 1991; Mańka ve ark., 2005).

*Armillaria* kök çürüklüğü, genellikle enfekte ağaç veya çalıların diplerinde kümeler halinde çıkan açık kahverengi şapkalı mantarlarla kendini gösterir ve bu mantarlar renklerinden dolayı 'bal mantarı' olarak da bilinir (Downer, 2004).

*A. mellea*'nın İngiltere'de alkali topraklarda çamlar hariç yaprak döken ve iğne yapraklılarda yüksek patojeniteye sahip olduğu ve kısa mesafelerde toprak altında rizomorflar halinde büyüdüğü gözlemlenmiştir (Rishbeth, 1982). Termorshuizen ve Arnolds (1994), yaptıkları çalışmada *Armillaria* türlerinin konukçu tercihinin büyük ölçüde toprak tipine bağlı olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, bu türlerin virülans faktörlerinin, toprak özelliklerinden etkilenen ağaçların canlılığı ile yakından ilişkili olduğu ifade edilmektedir. Bu hastalık etmeni Hollanda'da killi ve löslü topraklarda yetişen geniş yapraklı konukçular üzerinde tespit edilmiştir. Çekya'da özellikle sıcak bölgelerde geniş yapraklı ormanlarda ve meyve ağaçlarında baskın bir parazit olarak tanınmıştır (Jankovský, 2003).

Hastalık etmeni, enfekteli ve ölü ağaçların gövdelerinde veya köklerinde miselyum ya da rizomorf (besin ve hava iletimini sağlayan siyah, dallanmış ve ipliksi yapılar) olarak kışı geçirmektedir (Selik, 1986; Hagle, 2010; Baumgartner ve ark., 2011).

*Armillaria* türlerinin yaşam döngüsünde, basidiosporlar odun dokuları üzerinde çimlenir ve oluşan miselyum bu alanı kolonize eder. Sağlıklı ağaçlar ya enfekte olmuş odunsu doku ile kök teması ya da enfekte merkezinden çıkan rizomorflar yoluyla enfekte etmektedir. Hastalık etmeninin bitkinin kök sistemini ve enfekte olmuş ağaçların alt gövdesini istila ederek kambiyum dokusunu öldürerek çürümelere neden olduğu bilinmektedir (Heinzelmann ve ark., 2019).

*Armillaria* türlerinin çoğu, parazitik ve saprofitik aşamalara sahip fakültatif nekrotroflar olarak kabul edilir. İlk olarak, *Armillaria* canlı köklerin kambiyumunu kolonize eder (parazitik faz). Daha sonra, mantar kambiyumu

öldürerek kök kabuğunun altında nekrotik bir lezyona neden olur. Son olarak ise fungus ölü dokudan beslenir (saprofitik faz). Bu saprofitik özellik Armillaria kök hastalığının önlenmesini çok zor hale getirmektedir (Baumgartner ve ark., 2011).

Hastalık etmeni, meyve ve orman ağaçlarının kök bölgelerinde çürüklüğe yol açar. Enfekte ağaçlarda sürgün oluşumu azalır ve yapraklarda sararma, ilerleyen dönemlerde yaprak dökümü, sürgün ve dallarda kurumalar görülür. Bu belirtiler zamanla ağacın tamamen kuruyup ölmesine neden olur. Ağaçların ölümü genellikle 4 yıl içinde gerçekleşirken, şiddetli enfeksiyonlarda bu süre 1-2 yıla kadar düşebilir (Anonim, 2017).

Hastalık etmeni ile mücadelede ağaçların köklerinin yaralanıp tahrip edilmemesi, fidanların çok derine dikilmemesi gerekmektedir. Sonbaharın başlangıcıyla birlikte yağın ilk yağmurlardan sonra kök boğazı çevresinde oluşan şapkaklı mantarların yok edilmesi gereklidir. Bahçede kurumuş olarak bulunan ağaçların sökülmesi ve bu alanlara kireç uygulaması yapılması ve en az 3 yıl meyve fidanlarının dikilmemesi alınabilecek diğer kültürel önlemlerdir. Kimyasal mücadelede ise enfekteli kökler kesilip bu alanlara göztaşı (bakır sülfat) sürülmesi önem arz etmektedir (Anonim, 2017).

#### **2.4. *Rosellinia necatrix* Prill.**

Toprak kökenli patojenlerin, dünya genelinde meyve üretimini olumsuz yönde etkileyen ve verim kayıplarına yol açan önemli biyotik faktörlerden biri olduğu bilinmektedir. Bu patojenler, özellikle kök sistemi üzerinde oluşturdukları hastalıklarla bitkinin su ve besin alımını engelleyerek gelişimini durdurmakta, bu da hem ürün kalitesinde hem de miktarında ciddi düşüslere neden olmaktadır. (Arjona-López ve ark., 2018). Bu biyotik faktörlerden birisi olan, *Rosellinia necatrix* Prill'in (anamorf: *Dematophora necatrix* Hartig) neden olduğu beyaz kök çürüklüğü dünya genelinde önemli bir hastalık olarak kabul edilmekte olup Antepfıstığı, asma ve avokado gibi çeşitli türlerden meyve türünde enfeksiyon yapabilmektedir (Pasini ve ark., 2016; USDA, 2022).

*Rosellinia necatrix* 19. yüzyıl ortalarında Almanya ve Fransa'daki üzüm bağlarında ilk kez rapor edilmiş olup hastalığın görülmesinden bu yana çok yıllık ürünlerde, özellikle de meyve ağaçları (Orta Doğu ve ABD'de elma, Avrupa'da üzüm ve İspanya'da avokado dahil) *R. necatrix* tarafından ciddi

şekilde hasar görmüştür. Japonya'da elma ve armut bahçelerinin yanı sıra seralarda yetiştirilen sofralık üzümde de ciddi verim ve kalite kayıpları rapor edilmiştir (Eguchi, 2010).

*R. necatrix* genellikle istila edilmiş meyve bahçelerindeki belirli noktalardan her zaman ortaya çıkabilir ve nadiren komşu meyve bahçelerine yayılım gösterebilmektedir. Dinlenme halindeki miselyum inokulumu bitkinin kökleriyle temasa geçtiğinde, miselyumlar kökler üzerinde yayılmaya başlar, epidermal hücrelerin mercceklerinden ve epidermal hücreler arasındaki bağlantılardan kökün içerisine nüfuz eder ve daha sonra köklerin epidermisini ve ksilemini istila ederek yelpaze şeklinde miselyal tabaka oluşturur (Pliego ve ark., 2009).

Etmenin yayılmasında önemli rol oynayan miselyumlar genellikle sulama suyu, yağmur suları, sel ve toprak işlemesi yoluyla yayılım göstermektedir. Etmenin enfekteli ağaçlardaki ilk belirtisi, yaprakların sararması, solması ve yaprakların küçülmesi şeklinde ortaya çıkmaktadır. İlerleyen aşamalarda yaprakların kuruyup dökülmesiyle ağaç üzerinde normalden daha az yaprak kalmasına neden olmaktadır. Bunun haricinde meyve verim ve kalitesi düşerek meyvenin büyümeden dökülmesine neden olmaktadır. Etmen tarafından kök kabuğu altında oluşturulan beyaz miselyum tabakası; kabuk kaldırılınca görülür ve bu beyaz miselyum yapıları zamanla siyahlaşarak, enfekteli ağaçların zayıflamış ince köklerinin çürümmesine sebep olur (Anonim, 2017).

Kök enfeksiyonunun erken dönemlerinde bitkinin toprak üstü aksamında belirgin bir belirti görülmez. Bu durum, hastalığın tanısını zorlaştırmakta ve süreci zorlu hale getirmektedir. Nitekim enfekte kökler ancak toprağın kazılıp köklerin görsel olarak incelenmesiyle tespit edilebilir (Eguchi ve ark., 2009).

## **2.5. *Cytospora leucostoma* (Persoon) Saccardo**

*Leucostoma persoonii* ((teleomorf), *Cytospora leucostoma* (anamorf)) ve *L. cinctum* ((teleomorf), *C. cincta* (anamorf)) konukçu bitkilerde *Cytospora* kanseri ve özellikle sert çekirdekli ağaçlarda geriye doğru ölüm hastalığına neden olan fungal etmenlerdir (Biggs ve Grove 2005; EPPO, 2025). Bu hastalık, dünya genelinde sert çekirdekli meyve türlerinde gövde, dal ve sürgünlerde kurumalara yol açarak ciddi zarar oluşturur (Biggs, 1989).

Cytospora türleri; genellikle yara paraziti, stresle ilişkili bir patojen ya da fırsatçı bir saprofit olarak tanımlanmıştır (DeByle ve Winokur, 1985; Sinclair ve ark., 1987). Çoğu konukçu ağaç türü için bu türler agresif bir patojen olarak kabul edilmemekle birlikte, ancak kuraklık gibi çevresel stres faktörlerinin devreye girmesiyle bitkinin savunma sistemleri zayıflar ve fungusun dokulara yerleşmesi kolaylaşır (Hubert, 1920). Bu patojenler genellikle kabukta oluşan yaralar veya doğal açıklıklar yoluyla bitki dokusuna giriş yaparlar. Yapılan bazı çalışmalarda, asemptomatik yani belirti göstermeyen kavak ve kızılalağaç örneklerinde en az iki farklı Cytospora türünün izole edildiği rapor edilmiştir (Worrall ve ark., 2010; Ma ve ark., 2018).

Hastalık etmenleri Türkiye dahil birçok ülkede farklı bitki konukçuları üzerinde yaygın şekilde görüldüğü bildirilmiştir (Hayova ve Minter, 1998; Eken ve Sevindik, 2023). Etmenin oluşturduğu enfeksiyonlar genellikle rüzgar nedeniyle kabukta oluşan çatlaklar, yaralar, budama işlemi sonrası meydana gelen yaralar, don zararları ve zayıflayan ince dalların kırılmasıyla başlamaktadır (Tekauz ve Patrick, 1974; Biggs, 1989). Tipik belirtiler ise gövde, ana dal ve yan dallarda kanser, daha ince dallarda ise kuruma ve geriye doğru ölüm şeklinde ortaya çıkmaktadır. Patojenin bulunduğu enfekteli alanlarda kabuk dokular kahverengileşir ve çökme belirtisi gösterir. Yara etrafında ise zambak akıntısı meydana gelmektedir. Etmen ilkbahar ve yaz aylarında, dal veya gövdeyi yoğun şekilde enfekte ederse, enfeksiyon noktasının üst kısımlarında ani solma ve kuruma belirtisi meydana gelir (Anonim, 2017). Patojenle enfekte olmuş ağaç yaz boyunca hızla büyüdüğünde; fungusun sağlıklı dokuya ulaşmasına karşı direnç gösterir ve kanserin çevresinde bir halka benzeri yapı oluşturabilir. Kanser genellikle sonbaharda veya ilkbaharın başlarında genişlemeye devam eder ve bu süreçte enfeksiyon bölgesinde eş merkezli halkaların oluşumuna neden olabilir (Biggs ve Grove, 2005).

Kışın sonlarından ilkbaharın başlarına kadar bu patojen, dal üzerinde küçük, kabarık noktalar olarak görünen, pycnidia adı verilen sivilce benzeri toplu iğne başı büyüklüğünde yapılar üretir (Abramians, 2013). Enfeksiyona neden olan konidial sporlar yıl boyunca gelişir ancak ilkbahar ve yaz aylarında sayıları en yüksek seviyeye ulaşır (Grove ve Biggs, 2006). Sporlar yağmur, toprak üstü ve toprak altı sulamadan kaynaklanan sıçramalarla

sağlıklı alanlara taşınır. Nemli koşullar altında, krem veya turuncu renkli sporlar olgun piknidyumlardan dışarı çıkar ve hastalığın yayılmasına olanak sağlar (Abramians, 2013).

Hastalık etmenleriyle mücadelede kullanılan yöntemler oldukça sınırlıdır (Biggs, 1989; Ogawa ve ark., 1995). Bu etmenlere karşı doğrudan etkili bir kimyasal mücadele yöntemi bulunmamaktadır. Bu nedenle, enfeksiyonun önlenmesinde kültürel önlemler ön plana çıkmaktadır. Özellikle, söz konusu etmenlerin çoğunun giriş noktası olarak ağaç üzerinde rüzgar, dolu, budama, don hasarı veya mekanik etkiler sonucu oluşan yaralanmalar olduğundan, hastalık yönetiminde bu tip dokusal hasarların kontrol altına alınması kritik hale getirmektedir. Bu bağlamda, yaralanmış doku yüzeylerinin korunması ve enfeksiyon girişine karşı engellenmesi, hastalık etmenlerinin yayılımını sınırlamada etkili bir strateji olarak değerlendirilmektedir (Biggs, 1989). Ancak, hastalığın yoğun bir şekilde görüldüğü yerlerde, bu yöntemler hastalığı kontrol altına almada yeterli olamamaktadır (Chang ve ark., 1991). Hastalığa karşı alınabilecek diğer kültürel yöntemler içerisinde, hasattan sonra yaz aylarında kanserli dokuların temizlenmesi ve enfekteli dalların sağlıklı kısımlarını da içerecek şekilde kesilip imha edilmesi gelmektedir. Ayrıca budama işlemlerine ilk olarak sağlıklı ağaçlardan başlanılmalı ve budama aletlerinin her seferinde %10 sodyum hipoklorit içeren solüsyonlara daldırılarak dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra, bahçenin kurulduğu alanların iyi drene edilmiş olması ve ağaçların besin eksikliğinden etkilenmemesi sağlanmalıdır (Anonim, 2017).

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak; kayısıda kök, kök boğazı, gövde, yaprak, sürgün, çiçek ve meyvelerde ekonomik kayıplara yol açan çok sayıda fungal hastalık etmeni bulunmaktadır. Literatür taramaları, kayısıda uzun süredir bilinen hastalık etmenlerinin yanı sıra, son yıllarda yeni patojenlerin de rapor edildiğini ortaya koymaktadır. Özellikle *Diplodia seriata*'nın kayısı ve nektarin ağaçlarında kansere; *Neoscytalidium dimidiatum*'un ise kayısı ağaçlarında sürgün yanıklığı, geriye doğru ölüm ve kanser oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir. Uzun yıllardır kayısı üretiminde görülen hastalıklar arasında monilya ve yaprak delen (çil) gibi etmenlerin neden olduğu enfeksiyonlar; özellikle



Türkiye’de kayısı yetiştiriciliği yapılan tüm bölgelerde yaygın olarak gözlenmekte ve ciddi ürün kayıplarına yol açmaktadır. Bu nedenle üreticiler bu hastalıklara nispeten aşınadır.

Kayısıdaki birçok hastalık etmeni, bitkinin çiçeklenme ve meyve tutumu gibi yeşil aksam dönemlerinde enfeksiyon oluştururken, bazı etmenler de gövde ve kök bölgelerinde hastalığa neden olmaktadır. Özellikle çiçek ve meyve dönemlerinde ortaya çıkan monilya ve çil gibi hastalıkların gelişimi, erken dönemde uygulanacak etkili kültürel önlemler ve uygun fungusit uygulamalarıyla önemli ölçüde sınırlandırılabilir. Ancak bu uygulamaların doğru zamanda, doğru dozda ve uygun tekniklerle gerçekleştirilmesi hem çevresel etkilerin azaltılması hem de patojenlere karşı ilaç direncinin gelişmesinin önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, kayısı üretiminde sürdürülebilir ve etkili bir hastalık yönetimi için entegre mücadele stratejilerinin geliştirilmesi, uygulamaya aktarılması ve üreticilerin bu konularda bilinçlendirilmesi hem verimliliğin artırılması hem de ekonomik kalkınmanın desteklenmesi açısından gereklidir.

## KAYNAKLAR

- Abramians, A.A. (2013). Epidemiology and Control of Canker Diseases in Sweet Cherry (*Prunus avium* L.). University of California, Davis, CA.
- Anonim, (1995). Zirai Mücadele Teknik Talimatları. Cilt 3. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, (2006). Malatya Meyvecilik Araştırma Enstitüsü, Kayısı yetiştiriciliği kitabı notları, 2006, Yayın No: 2
- Anonim, (2008). Zirai Mücadele Teknik Talimatları (Cilt 4). Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Anonim, (2017). T.C. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Kayısı Entegre Mücadele Teknik Talimatı, 2017.
- Anonim, (2019). Malatya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Malatya <https://malatya.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/Detay.aspx?OgeId=288&Liste=Duyuru>
- Anonim, (2024). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International (CABI). <https://www.cabi.org/isc> (Erişim tarihi: 20.03.2024).
- Anonim, (2025). European and Mediterranean Plant Protection Organisation (EPPO). <https://gd.eppo.int/> (Erişim tarihi: 14.03.2023).
- Arjona-Girona, I., López-Herrera C.J. (2018). Study of a new biocontrol fungal agent for avocado white root rot. *Biological Control*, 117: 6-12.
- Asma, B.M. (2000). Kayısı yetiştiriciliği. Evin Ofset. Malatya. pp 1-243.
- Bailey, C.H. & Houge, L.F. (1975). Apricots. P.367-384. In: J. Jannick and J.N. Moore (Eds.). *Advances in Fruit Breeding*. Purdue University Pres, West Lafayette, Indiana/USA.
- Baumgartner, K., Coetzee, M.P.A. & Hoffmeister, D. (2011). Secrets of the subterranean pathosystem of Armillaria. *Molecular Plant Pathology*, 12(6), 515-534. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2010.00693.x>
- Biggs, A.R (1989). Integrated approach to controlling Leucostoma canker of peach in Ontario. *Plant Disease*, 73, 869-74.
- Biggs, A.R. & Scorza, R. (1997). Increased suberin accumulation in Peach × Almond Hybrids. *HortScience*, 32(4), 717-718.

- Biggs, A.R. & Grove, G.G. (2005). Leucostoma canker of stone fruits. The Plant Health Instructor.
- Bubici, G., Margherita, D.A. & Cirulli, M. (2010). Field reactions of plum cultivars to the shot-hole disease in southern Italy. *Crop Protection*, 29, 1396-1400.
- Byrde, R.J.W. & Willetts, H.J. (1977). Chapter 1 - introduction. In: Byrde, R.J.W., Willetts, H.J. (Eds.), *The Brown Rot Fungi of Fruit*. Pergamon, pp. 1-13.
- Chang, L.S., Iezzoni, A. & Adams, G. (1991). Heritability of *Leucostoma persoonii* canker resistance among diverse peach genotypes. *HortScience*, 26(1), 60-62.
- Christen, D., Motry, L. & Devènes, G. (2011). Comparison of three different evaluation methods of *Monilinia laxa* impact on apricot flowers. In *XV International Symposium on Apricot Breeding and Culture*, 966 (pp. 143-147).
- Dar, R.A., Rai, A.N. & Shiekh, I.A. (2017). *Stigmina carpophila* detected on *Prunus armeniaca* and *Prunus persica* in India. *Australasian Plant Disease Notes*, 12(1), 19.
- DeByle, N.V. & Winokur, R.P. (Eds.). (1985). Aspen: ecology and management in the western United States (Vol. 119). US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- Downer, J. (2004). Armillaria root rot. Landscape Notes, 17, 1-6.
- Eguchi, N. (2010). Studies on the ecology and control of major fungal diseases in Japanese pear, Bulletin of Nagano Prefecture. Nanshin Agricultural Experiment Station.
- Eguchi, N., Kondo, K.I. & Yamagishi, N. (2009). Bait twig method for soil detection of *Rosellinia necatrix*, causal agent of white root rot of Japanese pear and apple, at an early stage of tree infection. *Journal of General Plant Pathology*, 75(5), 325-330.
- Eken, C. & Sevindik, E. (2023). Molecular phylogeny of *Cytospora* species associated with canker diseases of apple trees in Türkiye. *Erwerbs-Obstbau*, 65(6), 2249-2257.

- Ellouze, W. & Ilyukhin, E. (2024). First report of *Diplodia seriata* associated with canker and dieback diseases of apricot and nectarine trees in Ontario, Canada. *Journal of Plant Pathology*, 1-2.
- EPPO, (2004). Stone fruits. OEPP/EPPO Bulletin, 34(3), 427-438.
- Evans, K., Frank, E., Gunnell, J.D. & Shao, M. (2008). Coryneum or shot hole blight. Utah Pests Fact Sheet. Utah State University Extension, Utah Plant Pest Diagnostic Laboratory, 3.
- FAO, (2025). Food and Agriculture Organization of the United Nations Official Website. Apricot production. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Erişim tarihi:27.09.2025).
- Frische, T., Egerer, S., Matezki, S., Pickl, C. & Wogram, J. (2018). 5-Point programme for sustainable plant protection. *Environmental Sciences Europe*, 30(1), 8.
- Grantina-Ievina, L. & Stanke, L. (2015). Incidence and severity of leaf and fruit diseases of plums in Latvia. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 80(3), 421-433.
- Grove, G.G. & Biggs, A.R. (2006). Production and dispersal of conidia of *Leucostoma cinctum* in peach and cherry orchards under irrigation in eastern Washington. *Plant Disease*, 90(5), 587-591.
- Hagle, S.K. (2010). Management Guide for *Armillaria* Root Disease: *Armillaria ostoyae* (Romagnesi) Herink. Forest Health Protection and State Forestry Organizations. USDA Forest Service, 11.1 WEB.
- Hayova, V.P. & Minter, D.W. (1998). *Leucostoma niveum* [Descriptions of Fungi and Bacteria]. *Descriptions of Fungi and Bacteria*, (137), Sheet-1362.
- He, S.Q., Bai, W., Wen, C.H. & Jin, Z.Q. (2016). Identification of the pathogen of the brown spot of peach fruit in Gansu, China. *Plant Protection*, 42, 53-57.
- Heinzelmann, R., Dutech, C., Tsykun, T., Labbé, F., Soularue, J.P. & Prospero, S. (2019). Latest advances and future perspectives in *Armillaria* research. *Canadian J. of Plant Pathology*, 41(1), 1-23.
- Giovanardi, D., Ferrante, P., Scortichini, M., & Stefani, E. (2018). Characterisation of *Pseudomonas syringae* isolates from apricot orchards in north-eastern Italy. *European Journal of Plant Pathology*, 151(4), 901-917.

- Holb, I.J. (2006). Possibilities of brown rot management in organic stone fruit production in Hungary. *International Journal of Horticultural Science*, 12(3), 87-91.
- Holb, I.J. (2008). Brown rot blossom blight of pome and stone fruits: symptom, disease cycle, host resistance, and biological control. *International Journal of Horticultural Science*, 14(3), 15-21.
- Hood I.A., Redfern D.B. & Kile G.A. (1991). *Armillaria* in planted hosts. In: *Armillaria* root disease. Eds. C.G. Show III, G.A. Kile. USDA For. Serv. Agric. Handb. 691: 122-149.
- Hrustić, J., Mihajlović, M., Grahovac, M., Delibašić, G., Bulajić, A., Krstić, B. & Tanović, B. (2012). Genus *Monilinia* on pome and stone fruit species. *Pesticides and Phytomedicine*, 27(4), 283-297.
- Hubert, E.E. (1920). Observations on *Cytospora chrysosperma* in the northwest. *Phytopath*, 10, 442-447.
- Ivanova H., Kalocaiova M. & Bolvansky M. (2012). Shot-hole disease on *Prunus persica* – the morphology and biology of *Stigmina carpophila*. *Folia Oecologica*, 39(1), 21–27.
- Jankovský, L. (2003). Distribution and ecology of *Armillaria* species in some habitats of southern Moravia. Czech Republic. *Czech Mycology*, 55(3-4), 173-186.
- Ma, R., Liu, Y.M., Yin, Y.X. & Tian, C.M. (2018). A canker disease of apple caused by *Cytospora parasitica* recorded in China. *Forest Pathology*, 48(3), e12416.
- Mańka, K., Sobiczewski, P., Mańka, M. & Fiedorow, Z. (2005). Fitopatologia leśna. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- Mitre I., Tripon A., Mitre I. & Mitre V. (2015). The response of several plum cultivars to natural infection with *Monilinia laxa*, *Polystigma rubrum* and *Stigmina carpophila*. *Notulae Scientia Biologicae*, 7(1), 136-139.
- Obi, V.I., Barriuso, J.J. & Gogorcena, Y. (2018). Peach brown rot: still in search of an ideal management option. *Agriculture*, 8(8), 125. <https://doi.org/10.3390/agriculture8080125>
- Ogawa, J.M., Zehr, E.I., Bird, G.W., Ritchie, D.F., Uriu, K. & Uyemoto, J. K. (Eds.). (1995). Compendium of stone fruit diseases. St. Paul, MN: APS Press.

- Oksal, E., Yiğit, T. & Özer, G. (2020). First report of *Neoscytalidium dimidiatum* causing shoot blight, dieback and canker of apricot in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 102(2), 579-580.
- Oliveira Lino, L., Pacheco, I., Mercier, V., Faoro, F., Bassi, D., Bornard, I., & Quilot-Turion, B. (2016). Brown rot strikes Prunus fruit: an ancient fight almost always lost. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(20), 4029-4047.
- Pala, M., Açkurt, F. & Saygı, Y.B. (1994). Değişik Kayısı Çeşitlerinin Bileşimi. *Standart Dergisi*, Kayısı Özel Sayısı, 64-66.
- Pasini L., Prodorutti D., Pastorelli S. & Pertot I. (2016). Genetic diversity and biocontrol of *Rosellinia necatrix* infecting apple in Northern Italy. *Plant Disease*, 100(2), 444-452.
- Pliego, C., Kanematsu, S., Ruano-Rosa, D., De Vicente, A., López-Herrera, C., Cazorla, F.M. & Ramos, C. (2009). GFP sheds light on the infection process of avocado roots by *Rosellinia necatrix*. *Fungal Genetics and Biology*, 46(2), 137-145.
- Rishbeth, J. (1982). Species of *Armillaria* in southern England. *Plant Pathology*, 31(1), 9-17.
- Ruiz, D. & Egea, J. (2008). Phenotypic diversity and relationships of fruit quality traits in apricot (*Prunus armeniaca* L.) germplasm. *Euphytica*, 163, 143-158.
- Sağıroğlu, M., Topuz, T., Ceylan, K. & Turna, M. (2013). An Ethnobotanical Survey from Yahyali (Kayseri) and Tarsus (Mersin). *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15, 13-37.
- Selik, M. (1986). Ormancılık Fitopatolojisi. İstanbul Üniversitesi. Orman Fakültesi Yayınları.
- Shaw, C.G. & Kile, G.A. (1991). *Armillaria* root disease (No. 691). Forest Service, US Department of Agriculture.
- Sinclair, W.A., Lyon, H.H. & Johnson, W.T. (1987). Diseases of trees and shrubs. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Tamm, L. & Fluckiger, W. (1993). Influence of temperature and moisture on growth, spore production, and conidial germination of *Monilinia laxa*. *Phytopathology* (USA), 83(12), 1321-1326.
- Tekauz, A. & Patrick, Z.A. (1974). The role of twig infections in the incidence of perennial canker of peach. *Phytopathology*, 64, 683-8.

- Termorshuizen, A.J. & Arnolds, E.M. (1994). Geographical distribution of the *Armillaria* species in the Netherlands about soil type and hosts. *European Journal of Forest Pathology*, 24(3), 129-136.
- Tresson, P., Brun, L., de Cortazar-Atauri, I.G., Audergon, J.M., Buléon, S., Chenevotot, H., ... & Launay, M. (2020). Future development of apricot blossom blight under climate change in Southern France. *European Journal of Agronomy*. 112, 125960.
- TÜİK, (2025). Bitkisel Üretim İstatistikleri, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (Erişim Tarihi 27.09.2025).
- USDA, 2022. Fungal Databases. 2022. U.S. National Fungus Collection – Databases. USDA. <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>.
- Wagner Jr, A.E., Raseira, M.D.C.B., Fortes, J.F., Pierobom, C.R. & Da Silva, J.B. (2005). Non-correlation of flower and fruit resistance to brown rot (*Monilinia fructicola* (Wint.) Honey) among 27 peach cultivars and selections. *Journal of the American Pomological Society*, 59(3), 148.
- Worrall, J.J., Adams, G.C. & Tharp, S.C. (2010). Summer heat and an epidemic of cytospora canker of *Alnus*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 32(3), 376-386.
- Yıldız, F. (1994). Kayısı işlemede yeni teknolojiler (Alternatif kayısı mamülleri). Standart Dergisi, Kayısı Özel Sayısı, s. 67-69, TSE.
- Yousefi A. & Shahri M.H. (2014). Shot hole disease, survival and pathogenicity of the causal agent on stone fruit trees in Northeast Iran. *Journal of Crop Protection*, 3(4), 563-571.
- Yücecan, S. (1994). Kayısının Beslenmemizdeki Yeri ve Önemi. *Standart Dergisi*, (Kayısı Özel Sayısı), 61-63.

## BÖLÜM 13

### ÇİLEK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE GÖRÜLEN BAZI ÖNEMLİ FUNGAL HASTALIK ETMENLERİ

Ziraat Yük. Müh. Murat KARACA<sup>1\*</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17572578>

<sup>\*1</sup>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Hatay, Türkiye.  
muratkaracamatya@gmail.com, Orcid: 0000-0002-3752-7581





## 1. GİRİŞ

Rosaceae (Gülgiller) familyası bitkilerinden biri olan çilek (*Fragaria x ananassa* Duch.), zengin vitamin içeriği ve aroması ile üzüksü meyve grubu içerisinde yer almaktadır (Hancock, 1990). Çilek (Şekil 1) dünya çapında tüketilen ve çoğu tüketici tarafından büyük ilgi gören önemli meyvelerden biridir (D'Urso ve ark., 2015). Çileğin anavatanının Kuzey ve Güney Amerika olduğu bildirilmekle beraber, Kuzey Yarımkürenin ılıman bölgeleriyle birlikte, Güney Yarımküre 'de de çilek yetiştiriciliğinin yaygın olarak yapıldığı bilinmektedir. Dünya genelinde çilek, özellikle Amerika Birleşik Devletleri, Yeni Zelanda, Güney ve Doğu Afrika, Japonya ve Avustralya'da yaygın olarak yetiştirilmektedir (Anonim, 2009). C vitamini ve mineral madde bakımından zengin içeriğe sahip olan bu meyve; reçel, marmelat, dondurma, pasta ve meyve suyu olmak üzere gıda sanayisinde kullanılmaktadır (Paydaş, 1998; Aybak, 2005; Anonim, 2009).



Şekil 1. Çilek bitkisi ve meyveleri (Orijinal foto)

Ekonomik anlamda yetiştiriciliği yapılan çileğin 2023 yılı Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) üretim verilerine bakıldığında dünya genelinde 10 milyon tondan fazla bir oranda üretim yapıldığı görülmektedir. Çin Halk Cumhuriyeti yıllık 4 milyon tondan fazla çilek üretimi ile birinci sırayı alırken, bu ülkeyi sırasıyla Amerika Birleşik Devleti ve Mısır izlemektedir. Türkiye ise yaklaşık 680 bin ton üretim ile dördüncü sırada yer almaktadır (Çizelge 1).

Üretim payı bakımından bu 4 ülke, 2023 yılında dünya genelinde üretilen tüm çileğin %65'inden fazlasını üretmişlerdir (FAO, 2025).

**Çizelge 1.** 2023 yılında Dünyada başlıca çilek üreticisi ülkeler ve üretim miktarları

| Sıra          | Ülke      | Üretim Miktarı (ton) | Üretim Payı (%) |
|---------------|-----------|----------------------|-----------------|
| 1             | Çin       | 4,2167,16            | 40.22           |
| 2             | ABD       | 1,250,100            | 11.92           |
| 3             | Mısır     | 731,144              | 6.97            |
| 4             | Türkiye   | 676,818              | 6.46            |
| 5             | Meksika   | 641,552              | 6.12            |
| 6             | İspanya   | 329,280              | 3.14            |
| 7             | Rusya     | 261,168              | 2.49            |
| 8             | Polonya   | 194,500              | 1.85            |
| 9             | Brezilya  | 187,795              | 1.79            |
| 10            | G. Kore   | 177,682              | 1.69            |
|               | Diğerleri | 8,666,55             | 17.35           |
| <b>Toplam</b> |           | <b>10,485,454</b>    | <b>%100</b>     |

Çizelge 2’de de görüldüğü üzere, 2023 yılında dünyanın önde gelen çilek üreticisi ülkelerinden biri olan Türkiye’de, 2024 yılına gelindiğinde toplam üretim 600 bin tonun üzerinde gerçekleşmiştir (TÜİK, 2025). Birçok ilde üretim yapılmasına rağmen uygun iklim şartlarına sahip olmasından dolayı Akdeniz Bölgesi’nden Mersin ili üretimde öncü durumdadır. Mersin ilinden sonra en fazla çilek üretimi Aydın ve Konya illerinde gerçekleşmekte olup (Çizelge 2), bu illerde üretilmiş olan çilek miktarı; ülkede genelindeki üretimin yaklaşık %54’üne denk gelmektedir (TÜİK, 2025).

Bitkiler büyüyüp gelişimlerini tamamlayıncaya kadar geçen sürede, bulundukları çevrede canlı ve cansız birçok hastalık etmeni ve stres faktörlerine maruz kalabilmektedirler. Biyotik ve abiyotik olarak bilinen bu faktörler; bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve metabolik yapılarının bozulmasına neden olarak, verim ve kaliteyi ciddi şekilde etkilemektedir (Agrios, 2005; Fujita ve ark., 2006; Karaat ve ark., 2021; Soylu ve ark., 2023). Çilek yetiştiriciliği; biyotik faktörler içerisinde yer alan funguslar, bakteriler, virüsler ve nematodlar dahil olmak üzere çeşitli patojenler tarafından etkilenmektedir. Çileğin ekonomik açıdan en önemli patojenleri, bitkinin tüm kısımlarını enfekte edebilen ve ciddi hasara veya ölüme neden olabilen fungal hastalık etmenleridir (Garrido ve ark., 2011).

**Çizelge 2.** 2024 yılında Türkiye’de en fazla çilek üreticisi iller ve üretim miktarları

| Sıra   | İl        | Üretim Miktarı (ton) | Üretim Payı (%) |
|--------|-----------|----------------------|-----------------|
| 1      | Mersin    | 135,527              | 22.35           |
| 2      | Aydın     | 112,877              | 18.62           |
| 3      | Konya     | 80,192               | 13.23           |
| 4      | Çanakkale | 44,857               | 7.40            |
| 5      | Bursa     | 42,783               | 7.05            |
| 6      | Manisa    | 24,086               | 3.97            |
| 7      | İzmir     | 13,736               | 2.27            |
| 8      | Balıkesir | 13,131               | 2.17            |
| 9      | Elâzığ    | 10,438               | 1.72            |
| 10     | Hatay     | 9,334                | 1.54            |
|        | Diğerleri | 119,293              | 19.68           |
| Toplam |           | 606,254              | 100             |

Çilek yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi olumsuz etkileyen biyotik etmenler içerisinde birçok fungal hastalık etmeni türü yer almaktadır. Bu bölümde, çilek yetiştiriciliğinde gerek hasat öncesi gerekse hasat sonrası görülen önemli bazı fungal hastalıklar hakkında temel bilgilere yer verilmiştir.

## 2. ÇİLEK ÜRETİMİNDE GÖRÜLEN ÖNEMLİ FUNGAL HASTALIK ETMENLERİ

### 2.1. *Botrytis cinerea*

Ascomycota şubesi içerisinde yer alan *Botrytis cinerea* Pers. (eleomorph *Botryotinia Fuckeliana* (de Bary) Whetzel] çoğunlukla dikotiledonlu 200'den fazla bitki türünde gri (kurşuni) küfe neden olan fungal bir hastalık etmenidir (Williamson ve ark., 2007). Etmen, ılıman iklimlerde, nemli koşullarda başta meyve, sebze ve süs bitkileri olmak üzere pek çok üründe ciddi verim ve kalite kayıplarına yol açmaktadır (Staats ve ark., 2005). Hastalık etmeni taksonomik açıdan aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır (Anonim, 2025).

**Alem:** Fungi

**Şube:** Ascomycota

**Sınıf:** Leotiomycetes

**Takım:** Helotiales

**Familya:** Sclerotiniaceae

**Cins:** *Botrytis*

**Tür:** *Botrytis cinerea*

Çilek üretiminde dünya genelinde görülen *B. cinerea*'nın neden olduğu kurşuni küf hastalığı; çileğin en önemli bir fungal hastalık etmenidir (Maas

1998). Bu etmen çilekte çiçek veya meyvede hastalık oluşturmakta ve hem hasat öncesinde hem de hasat sonrasında ciddi ürün kayıplarına neden olmaktadır (Jarvis, 1980; Leroux, 2004). *B. cinerea* çileklerde özellikle hasat sonrası ürün kayıplarının ana nedenlerinden biri olup çileklerin düşük pH, optimum yüksek su aktivitesi, yüksek şeker konsantrasyonu ve yumuşak doku gibi fizyolojik özellikleri fungusun gelişimi ve enfeksiyonu için ideal bir ortam oluşturmaktadır (Vu ve ark., 2011). Uygun koşullarda etmen esas olarak konukçuya yaralar veya doğal açıklıklar yoluyla giriş yapmaktadır (Holz ve ark., 2007).

Etmen kışı miselyum veya sklerot olarak geçirmektedir. İlkbaharda oluşacak enfeksiyonlardan sklerotlar ve miselyumlar sorumludur. Hastalık genellikle çilek bitkisinin tüm kısımlarında (çiçek, yaprak, meyve) görülmektedir. Çiçek enfeksiyonunda çiçeğin tamamı etkilenmekte ve çiçeğin aniden solup kurumasına sebep olmaktadır (Anonim, 2022). Kurşuni küf hastalığına karşı çileğin yaprakları dayanıklı durumda olup, hava sirkülasyonunun az olduğu zamanlarda yaprağın alt kısımlarında koyu kahverengi lekeler şeklinde belirtiler meydana gelmektedir (Maas 1998).

Meyvedeki belirtilerine bakıldığında ise kurşuni küf etmenine yol açan enfeksiyonlar, bitkide çiçeklenme dönemi boyunca oluşan etmenin gizli (latent) enfeksiyonu veya meyvelerin gelişim döneminde direkt olarak hastalık görülebilmektedir (Ellis, 2008). Meyvelerde hastalık belirtisi genellikle meyvenin toprağa temas ettiği kısımlardan başlamakta ve bu kısımlarda açık kahverengi lekeler görülmektedir. Bu lekelerin görüldüğü kısımlarında yumuşama görülüp dokunulduğunda meyve etinden ayrıldığı gözlemlenmektedir. Bununla beraber bu lekeler zamanla tüm çilek meyvesini kaplamaktadır. Yeterli miktarda yağış ve nemin olmadığı durumlarda meyveler kuruyup sertleşmekte ve bitkide kuru çürüklük oluşmaktadır. Meyve enfeksiyonları tüm olgunlaşma dönemlerinde görülmekle birlikte en çok hasarın görüldüğü dönem, kırmızı olum dönemidir (Maas, 1998).



**Şekil 2.** Kurşuni küf hastalığı ile bulaşık çilek meyveleri (Anonim, 2025)

Kurşuni küf etmeninin mücadelesi için birçok hastalık yönetimi stratejisi uygulanmaktadır. Bununla birlikte, kombine şeklinde uygulanan mücadele yaklaşımları yalnızca hastalık görülme sıklığını ve şiddetini azaltabilmekte, çileklerde görülen kurşuni küf hastalığının gelişimini tamamen önleyememektedir (Feliziani ve Romanazzi, 2016).

Tarihsel olarak *B. cinerea* enfeksiyonları ve inokulum yoğunluğu, yaşlı ve bulaşık bitki materyalinin üretim alanından uzaklaştırılması gibi agronomik ve bahçecilik uygulamalarıyla yönetilmiştir. Meyvenin toprakla temasını önlemek (örneğin dikim yataklarını polietilen folyolarla kaplamak) etmenin enfeksiyonlarını önlemek için yaygın olarak kullanılan bir diğer uygulamadır (Daugaard, 1999). Doğru sulama sisteminin seçilmesi bu hastalığın şiddetini azaltmaya yardımcı olabilmektedir. Damla sulama ve mikro-fıskiyelerin kullanılması; inokulumun sınırlı yayılmasına ve meyve üzerindeki su filmlerinin oluşumunun azalmasına neden olmaktadır (Terry ve ark., 2007; Dara ve ark., 2016). Azotlu gübreleme yoğun yaprak ve sürgün gelişimine yol açabildiğinden dolayı hastalığın oluşumunu destekleyebilmektedir (Daugaard, 1999). Ayrıca, plastik tünellerin kullanımı hava yoluyla inokulum taşınmasını önleyebilmektedir (Xiao ve ark., 2001).

Modern üretimde kimyasal mücadele kapsamında pestisit uygulamaları *B. cinerea* etmeninin mücadelesine yönelik en yaygın yöntemlerden biridir. Geçtiğimiz yirmi yılda, çilek üretiminde bu patojene karşı başlıca Captan,

Fludioksonil, Azoksistrobin ve Cyprodinil gibi etken maddeli fungusitler kullanılmıştır (Sutton, 1990; Wedge ve ark., 2007; Wedge ve ark., 2013). Bu fungusitlerin yoğun kullanımıyla birlikte gelişen fungusit direnci ve yürürlüğe giren yeni yasal kısıtlamalar, üreticileri fungusit uygulama rejimlerini çeşitlendirmeye zorlamıştır (Vellicce ve ark, 2006; Wedge ve ark., 2013). Fungisit uygulamalarının sıklığı ve zamanlaması, patojenin etkin bir şekilde kontrolü açısından büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle farklı etki mekanizmalarına sahip fungusitlerin dönüşümlü olarak kullanılması ve uygun kombinasyonlar halinde uygulanması tavsiye edilmektedir (Wedge ve ark., 2007).

Fungal hastalık etmenleriyle mücadelede başvurulacak çevre dostu yaklaşımların başında biyolojik mücadele gelmektedir. Bu kapsamda, özellikle faydalı bakterilerin antagonist etkilerini inceleyen çeşitli çalışmalar yürütülmüştür (Compant ve ark., 2005; Atay ve ark., 2020). *B. cinerea*'nın biyolojik mücadelesinde sıklıkla *Bacillus subtilis* bakterisi kullanılmakta olup, ancak arazi koşullarında veya tedarik zinciri boyunca karşılaşılan uygulama zorlukları nedeniyle bu ajanların etkinliği ve yaygın kullanımı sınırlı kalmıştır (Pertot ve ark., 2017). Bununla birlikte, *B. cinerea*'ya karşı biyolojik mücadele kapsamında, kimyasal pestisitlere alternatif olarak *Colletotrichum gloeosporioides*, *Epicoccum purpurascens*, *Gliocladium roseum*, *Penicillium* spp. ve *Trichoderma* spp. izolatlarının kullanımıyla gri küf hastalığında %79-93, meyvelerde ise %48-76 oranında azalma sağlandığı bildirilmiştir (Peng ve Sutton, 1991).

Depo koşullarında çileklerin 2.5 °C'nin altındaki sıcaklıklarda hızlı ve sürekli soğutulması, *B. cinerea* enfeksiyonlarının yeniden aktivasyonunu azaltmak veya engellemek için başka bir kritik stratejidir (Nunes ve ark., 1995). Çoğunlukla çilekler; metabolik süreçleri, yaşlanmayı ve fungal çürümeleri yavaşlatmak için oksijen bakımından düşük ve karbondioksit bakımından yüksek olan değiştirilmiş atmosferlerde depolanmalıdır (Feliziani ve Romanazzi, 2016). Depolama sırasında fungus gelişimini engellemek için bağıl nemin genellikle %85-90 civarında tutulması gerekmektedir (Almeida ve ark., 2015). Ayrıca depolama sırasında *B. cinerea* enfeksiyonlarını önlemek için su kaybını önleyen ve antifungal bileşikler içerebilen kitosan, ipek fibroin veya metilselülozdan oluşan yenilebilir meyve kaplamaları da hastalığın

mücadelesinde kullanılabilmektedir (Nadim ve ark., 2015; Marelli ve ark., 2016; Romanazzi ve ark., 2017).

## 2.2. *Podosphaera aphanis*

*Podosphaera aphanis* Wallr (sin. *Sphaerotheca macularis* f.sp. *fragariae*)’in neden olduğu külleme hastalığı, dünya çapında çileklerde görülen önemli fungal hastalık etmenlerinden biridir (Maas, 1998). Etmenin taksonomik olarak sınıflandırılması aşağıdaki gibidir (Anonim, 2025).

**Alem:** Fungi

**Şube:** Ascomycota

**Sınıf:** Leotiomycetes

**Takım:** Erisifales

**Familya:** Erysiphaceae

**Cins:** Podosphaera

**Tür:** *Podosphaera aphanis*

Etmen kışı canlı bitki dokularında miselyum olarak geçirmekte olup etmenin konidiosporları genellikle rüzgâr yoluyla taşınmaktadır. (Blanco ve ark., 2004; Amsalem ve ark., 2006) Hastalığın gelişip yayılabilmesi için 15-26 °C sıcaklık ve orta düzeyde nemlilik gerekmektedir. Kuru hava şartları ile yüksek nem, örtü altında hastalığı şiddetlendirmektedir (Kurt, 2020).

Hastalık etmeni çilek bitkisinin yaprak, meyve, çiçek ve yaprak sapları dahil olmak üzere bitkinin toprak üstü tüm kısımlarını enfekte edebilmektedir (Horn ve ark., 1972).





**Şekil 3.** Külleme hastalığının yapraktaki tipik belirtisi (Orijinal foto)

Etmen, çilek bitkisinin yapraklarının alt yüzeyinde beyaz renkteki lekeler şeklinde miselyum yapıları geliştirir ve zamanla lekeler birleşerek yaprak kenarlarında kıvrılma belirtisi görülür. Hastalıklı yaprakların altında kahverengi leke, üzerinde ise kırmızımsı lekeler oluşturur (Şekil 3) ve zamanla çilek yaprakları gümüşü bir görünüm alır. Yaprakların enfektelenmesi ile miselyum tabakası genişir ve nekrotik alanlar oluşur (Anonim, 2022). Enfekteli yaprakların fotosentezi azalır ve bu durum verim kaybına yol açar (Bolda ve Koike, 2015). Yaprak enfeksiyonu şiddetli olduğu takdirde; bitkinin tüm yaprakları hastalık ile kaplanır ve erken dönemde yaprak dökümleri görülebilir (Peries, 1962; Amsalem ve ark., 2006; Janisiewicz ve ark., 2016; Doğan ve ark., 2017).

Çiçek enfeksiyonlarında ise çiçekler oluşmadan ölür ve oluşan meyvelerde şekil bozukluğu meydana gelir. Meyve enfeksiyonlarında gelişim başladığı ilk aşamalarda enfekte olan meyveler olgunlaşmadan sert bir hal alır. Olgunlaşmış meyveler, etmen tarafından enfeksiyona uğradığı durumda ise; kurşuni küf etmenine karşı daha duyarlı bir hale gelir (Carisse ve Bouchard, 2010). Ayrıca enfekte olmuş meyveler pazar değerini kaybetmektedir (Horn ve ark., 1972).

Hastalığın mücadelesi kapsamında sağlıklı fideler kullanılmalı ve hastalığa karşı dayanıklı çeşitlerin tercih edilmesi gibi bazı kültürel önlemler alınmalıdır. Kimyasal mücadele kapsamında ise ilk hastalık belirtisi görüldükten sonra fungusit uygulamaları yapılması gerekmektedir. Hastalığın kimyasal mücadelesinde Penconozole etken maddeye sahip fungusit ülkemizde ruhsatlı olarak kullanılmaktadır. Bu etken maddeye ek olarak Propiconozole, Azoxystrobin, Pyraclostrobin, Pyraclostrobin + Boscalid ve kükürt gibi etken maddeye sahip fungusitler de ayrıca tavsiye edilmektedir (Kurt, 2020).

### 2.3. *Mycosphaerella fragariae*

Ascomycota şubesi içerisinde yer alan *Mycosphaerella fragariae* (Tul. & C. Tul.) Lindau (*Ramularia tulasnei* Sacc.) çileklerde yaygın olarak görülen yapraklarda lekelenmelere sebep olan önemli bir fungal hastalık etmenidir (Plakidas, 1965). Etmenin taksonomik olarak sınıflandırılması aşağıdaki gibidir (Anonim, 2025).

**Alem:** Fungi

**Şube:** Ascomycota

**Sınıf:** Dothideomycetes

**Takım:** Mycosphaerellales

**Familya:** Mycosphaerellaceae

**Cins:** Mycosphaerella / Ramularia

**Tür:** *Mycosphaerella fragariae* / *Ramularia grevilleana*

Etmen, kışı yaprak kalıntılarında miselyum olarak geçirir ve patojenin sporları, uygun koşullarda ilkbahar ayında ortaya çıkan taze yaprakları enfekte ederek yağmurla birlikte yayılmaya başlamaktadır. Hastalık gelişimi en çok; serin gündüz sıcaklıklarında ve soğuk gece sıcaklıklarında, yüksek bağıl nemde ve ıslak koşullarda başarılı olmaktadır (Carisse ve Peyrachon, 1999).

Patojen, çilek bitkisinin yapraklarını enfekte etmesi dışında; bitkinin yaprak sapı, meyve sapı ile birlikte meyve kalikslerinde de enfeksiyon oluşturmaktadır. Etmen genç yapraklarda ilk olarak yaprak üst yüzeyinde morumsu küçük yuvarlak lekeler şeklinde belirti göstermektedir. Yapraklardaki bu lekeler büyüdükçe mor renkte olan kısım griden beyaz renkte görünüme dönüşür ve lekelerin etrafı kırmızı kahverengi renkli alanlarla çevirili olarak kalmaktadır (Paulus, 1990). Etmen, meyvelerde herhangi bir enfeksiyon oluşturmaz fakat kalite kaybına sebep olur (Anonim, 2008).

Hastalığın mücadelesi kapsamında; drenajı iyi yapılmış topraklarda yetiştiriciliğin yapılması, temiz hastalıktan arındırılmış sağlıklı fideler kullanılması, ayrıca enfekteli yaşlı yaprakların araziden uzaklaştırılması gibi kültürel önlemler alınabilir. Kimyasal mücadele kapsamında ise hastalık etmenine karşı ülkemizde ruhsatlı bir fungusit bulunmamaktadır (Anonim, 2008).

#### 2.4. Çilekte Siyah Kök Çürüklüğü

Çilek yetiştiriciliğinde görülen kök çürüklüğüne neden olan hastalık etmenleri üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden biridir. Hastalık etmeninin enfeksiyona başlaması ve yayılması ile ciddi anlamda ekonomik kayıplar oluşmaktadır (Botha ve ark., 2003).

Ekonomik olarak kayıplara sebep olan ve çilek yetiştiriciliği yapılan arazilerde kök ve kök boğazında çürümelere sebep olan birçok hastalık etmeni bulunmaktadır. *Verticillium* (Zinkernagel, 1970; Harris ve Yang, 1996), *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Pythium* (Martin, 1999), *Fusarium* (Golzar ve ark., 2007), *Macrophomina* (Mertely ve ark., 2005), *Colletotrichum* (Urena-Padilla ve ark., 2001) ve *Cylindrocarpon* (Manici ve ark., 2005) cinslerine ait türler, çilek bitkisinde siyah kök çürüklüğü hastalığını oluşturan toprak kökenli fungal hastalık etmenleridir (Yılmaz, 2006).

Bu etmenler içerisinde *Rhizoctonia fragariae* Husain & McKeen ve *Rhizoctonia solani* Kühn (eşeyli: *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk) siyah kök çürüklüğü hastalığını oluşturan en önemli fungal hastalık etmenleridir (Ferguson ve ark., 2002; Leandro ve ark., 2004).

Siyah kök çürüklüğü olarak bilinen bu hastalık, çilek bitkisinin canlılığı ve verimliliğinde ciddi azalmaya yol açan önemli bir kompleks hastalıktır (Wing ve ark., 1994). Çilek yetiştiriciliği yapılan tüm alanlarda görülmekte olup, zayıf gelişim gösteren bitkilerde hastalığın ilk belirtileri genellikle ıslak lekeler şeklinde ortaya çıkmaktadır. Belirtiler, hasattan yaklaşık iki hafta önce belirgin şekilde gözlemlenebilir hale gelir. Enfeksiyonun şiddetli olduğu durumlarda bitkiler bodurlaşır, gelişimi zayıflar ve kök sisteminde siyahlaşma (Şekil 4) meydana gelir (Kurt, 2020).



**Şekil 4.** Siyah kök çürüklüğü hastalık etmenlerinin çilek bitkisinin kök bölgesinde oluşturduğu belirtiler (Orijinal foto)

Kültürel mücadele kapsamında siyah kök çürüklüğü hastalığının yönetiminde; sertifikalı, sağlıklı fidelerin kullanımı, hastalıktan arındırılmış toprak koşullarının sağlanması ve uygun ürün rotasyonunun uygulanması gibi yöntemler önemli rol oynamaktadır (Aydın, 2008; Lehtonen, 2009; Tsrör, 2010; Khedher ve ark., 2015). Ayrıca toprağa drenaj uygulanması ve solarizasyon yapılması, hastalıkla mücadelede önemli yöntemlerdir (Kurt, 2020).

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak; çilek yetiştiriciliğinde birçok fungal hastalık etmeni, bitkinin kök, kök boğazı, yaprak ve meyve kısımlarında ekonomik açıdan önemli kayıplara yol açmaktadır. Bu hastalıklar arasında *Botrytis cinerea*'nın neden olduğu kurşuni küf, ülkemizde en yaygın görülen ve üreticilerin en sık karşılaştığı fungal etmenlerden biridir. Hem hasat öncesi hem de hasat sonrası dönemde zarar oluşturabilen bu hastalıkla mücadele ise oldukça güçtür. Bunun yanı sıra, çilekte görülen hastalık etmenleri bitkinin toprak üstü tüm kısımlarında hastalık oluştururken, özellikle siyah kök çürüklüğüne neden olan etmenler kök bölgesinde ciddi enfeksiyonlar yaparak ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Fungusların dayanıklı yapıları sayesinde uzun süre canlı kalabilmeleri ve iletim demetlerine kolonize olmaları, köklerin tamamen ölmesine neden olmakta; bu durum da etmenlerin mücadelesini oldukça zorlaştırmaktadır. Bu kapsamda, uygun kültürel mücadele yöntemlerinin uygulanması ve etkili fungusitlerin kullanımı; çilekte görülen hastalık etmenlerinin şiddetini önemli ölçüde azaltarak ürün kayıplarının önlenmesine

ve dolayısıyla ülke ekonomisine olumlu katkılar sağlanmasına olanak tanıyacaktır.

## KAYNAKLAR

- Agrios, G.N. (2005). Plant pathology, 5th edition. Elsevier Academic Press: San Diego, CA, USA.
- Almeida, M.L.B., Moura, C.F.H., Innecco, R. & dos Santos, A. (2015). Postharvest shelf-life and fruit quality of strawberry grown in different cropping systems. *African Journal of Agricultural Research*, 10(43), 4053-4061.
- Amsalem, L., Freeman, S., Rav-David, D., Nitzani, Y., Szejnberg, A., Pertot, I. & Elad, Y. (2006). Effect of climatic factors on powdery mildew caused by *Sphaerotheca macularis* f.sp. *fragariae* on strawberry. *Eur J. Plant Pathology*, 114, 283-292.
- Anonim, (2008). Zirai Mücadele Teknik Talimatları (Cilt 4-5). Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Anonim, (2009). Akdeniz İhracatçı Birlikleri Araştırma Serisi 61. Dünya ve Türkiye Çilek Üretimi ve Ticareti. s 14.
- Anonim, (2022). T.C. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Çilek Entegre Mücadele Teknik Talimatı, 2012.
- Anonim, (2025). European and Mediterranean Plant Protection Organisation (EPPO). <https://gd.eppo.int/> (Erişim tarihi: 15.09.2025).
- Atay, M., Kara, M., Uysal, A., Soylu, S, Kurt, Ş. & Soylu, E.M. (2020). *In vitro* antifungal activities of endophytic bacterial isolates against postharvest heart rot disease agent *Alternaria alternata* in pomegranate fruits. *Acta Horticulture*, 1289, 309-314.
- Aybak, H.Ç. (2005). Çilek Yetiştiriciliği, Hasad Yayıncılık, 118s.
- Aydın, M. (2008). *Patates yetiştiriciliğinde sorun olan Rhizoctonia solani'nin biyolojik savaşı ve bunun kimyasal savaşla entegrasyonu*. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 181s.
- Blanco, C., de Los Santos, B., Barrau, C., Arroyo, F.T., Porras, M. & Romero, F. (2004). Relationship among concentrations of *Sphaerotheca macularis* conidia in the air, environmental conditions, and the incidence of powdery mildew in strawberry. *Plant Disease*, 88(8), 878-881.

- Bolda, M. & Koike, S.T. (2015). Powdery Mildew of Strawberry. California Strawberry Commission, Watsonville, CA.
- Botha, A., Denman, S., Lamprecht, S.C., Mazzola, M. & Crous, P.W. (2003). Characterisation and pathogenicity of *Rhizoctonia* isolates associated with black root rot of strawberries in the Western Cape Province, South Africa. *Australasian Plant Pathology*, 32, 195-201.
- Carisse, O. & Bouchard, J. (2010). Age-related susceptibility of strawberry leaves and berries to infection by *Podosphaera aphanis*. *Crop Protection*, 29, 969-978.
- Carisse, O. & Peyrachon, B. (1999). Influence of temperature, cultivar, and time on sporulation of *Mycosphaerella fragariae* on detached strawberry leaves. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 21(3), 276-283.
- Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clément, C. & Barka, E.A. (2005). Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(9), 4951-4959.
- D'Urso, G., d'Aquino, L., Pizza, C. & Montoro, P. (2015). Integrated mass spectrometric and multivariate data analysis approaches for the discrimination of organic and conventional strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) crops. *Food Research International*, 77, 264-272.
- Dara, S.K., Sandoval-Solis, S. & Peck, D. (2016) Improving strawberry irrigation with micro-sprinklers and their impact on pest management. *Agri Sciences*, 7(12), 859-68.
- Daugaard, H. (1999). Cultural methods for controlling *Botrytis cinerea* pers. in strawberry. *Biological Agriculture & Horticulture*, 16(4), 351-361.
- Doğan, H.M., Zencirci, N., Çalış, Ö. & Doğan, Ç.N. (2017). Determining Powdery Mildew (*Podosphaeraaphanis* var. *aphanis*) Risk Areas for Wild Strawberry (*Fragari vesca*) in Turkey by Geographic Information Systems. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(1), 252-263.
- Ellis M.A. (2008). Botrytis fruit rot “Gray Mold” of strawberry, raspberry, and blackberry. Fact Sheet. Ohio State University Extension.
- FAO, (2025). Food and Agriculture Organization of the United Nations Official Website. Strawberry production. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Erişim tarihi:28.09.2025).

- Feliziani, E. & Romanazzi, G. (2016). Postharvest decay of strawberry fruit: Etiology, epidemiology, and disease management. *Journal of Berry Research*, 6(1), 47-63.
- Ferguson, L.M., Louws, F.J., Fernandez, G.E., Brannen, P.M., Poling, E.B., Sydorovych, O. & Smith, J.P. (2002). Chemical and biological alternatives to methyl bromide for strawberry in the southeastern US. Proc. Intl. Res. Conf. on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reduction.
- Fujita, M., Fujita, Y., Noutoshi, Y., Takahashi, F., Narusaka, Y., YamaguchiShinozaki, K. & Shinozaki, K. (2006). Crosstalk between abiotic and biotic stress responses: a current view from the points of convergence in the stress signaling networks. *Current Opinion in Plant Biology*, 9(4), 436-442.
- Garrido, C., Carbu, M., Fernandez-Acero, F.J., Gonzalez-Rodriguez, V.E. & Cantoral, J.M. (2011). New insights in the study of strawberry fungal pathogens. In: *Genomics, Transgenics, Molecular Breeding and Biotechnology of Strawberry, Vol. 5*. (Husaini, A.M. and Mercado, J.A., eds), pp. 24–39. Genes, Genomes and Genomics. Japan: Global Science Books, Miki cho.
- Golzar, H., Phillips, D. & Mack, S. (2007). Occurrence of strawberry root and crown rot in Western Australia. *Australian Plant Disease Notes*, 2, 145-147.
- Hancock, J.F. (1990). Ecological genetics of natural strawberry species. *HortScience*, 25(8), 869-871.
- Harris, D.C. & Yang, J.R. (1996). The relationship between the amount of *Verticillium dahliae* in soil and the incidence of strawberry wilt as a basis for disease risk prediction. *Plant Pathol.*, 45, 106-114.
- Holz, G., Coertze, S. & Williamson, B. (2007). The Ecology of *Botrytis* on Plant Surfaces. In: *Botrytis: Biology, Pathology and Control*, edited by Yigal Elad, Brian Williamson, Paul Tudzynski, and Nafiz Delen, 9-27. Dordrecht: Springer, Netherlands.
- Horn, N.L., Burnside, K.R. & Carver, R.B. (1972). Powdery mildew of strawberry. *Plant Dis. Rep.*, 4, 368.
- Janisiewicz, W.J., Janisiewicz, W.J., Takeda, F., Nichols, B., Glenn, D.M., Jurick, W.M. & Camp, M.J. (2016). Use of low-dose UV-C irradiation



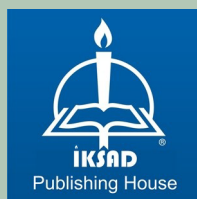
- to control powdery mildew caused by *Podosphaera aphanis* on strawberry plants. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 38(4), 430-439.
- Jarvis, W.R. (1980). Taxonomy, In: Coley-Smith, J.R.K. Verhoeff, W.R. Jarvis (eds.), *The Biology of Botrytis*. Academic Press, London, New York. pp 1-17.
- Karaat, Ş., Atay, M. & Tohumcu, E. (2021). Adıyaman ili badem üretim alanlarında görülen fungal hastalıkların belirlenmesi. *ADYUTAYAM Dergisi*, 9(1), 36-46.
- Khedher, S. B., Kilani-Feki, O., Dammak, M., Jabnoun-Khiareddine, H., DaamiRemadi, M. & Tounsi, S. (2015). Efficacy of *Bacillus subtilis* V26 as a biological control agent against *Rhizoctonia solani* on potato, *Comptes Rendus Biologies*, 338(12), 784-792.
- Kurt, Ş. (2020). Bitki Fungal Hastalıkları. Akademisyen Kitapevi, Ankara.
- Leandro, L., Ferguson, L., Fernandez, G. & Louws, F. (2004). Integration of biological control for management of strawberry root rot. *5th Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions*, 27-30 September, Lisbon (Portugal), pp. 1-3.
- Lehtonen, M. (2009). *Rhizoctonia solani* as a potato pathogen: Variation of isolates in Finland and host response. Ph.D. Thesis, Viikki Graduate School in Molecular Biosciences, University of Helsinki, Helsinki, Finland.
- Leroux, P. (2004). Chemical control of *Botrytis* and its resistance to chemical fungicides. Y. Elad, B. Williamson, B. Tudzynski, N. Delen (Eds.), *Botrytis: Biology, Pathology and Control*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, pp. 195–222.
- Maas J.L. (1998). *Compendium of strawberry diseases*. 2nd ed. St Paul (MN): American Phytopathological Society.
- Manici, L.M., Caputo, F. & Baruzzi, G. (2005). Additional experiences to elucidate the microbial component of soil suppressiveness towards strawberry black root rot complex. *Annals of Applied Biology*, 146, 421-431.
- Marelli, B., Brenckle, M.A., Kaplan, D.L. & Omenetto, F.G. (2016). Silk fibroin as edible coating for perishable food preservation. *Scientific Reports*, 6, 25263.

- Martin, F.N. (1999). Strawberry root rot and the recovery of *Pythium* and *Rhizoctonia* spp. *Alternatives and Emissions Reduction*, 6, 1-3.
- Mertely, J., Seijo, T. & Peres, N. (2005). First report of *Macrophomina phaseolina* causing a crown rot of strawberry in Florida. *Plant Disease*, 89(4), 434.
- Nadim, Z., Ahmadi, E., Sarikhani, H. & Chayjan, R.A. (2015). Effect of methylcellulose-based edible coating on strawberry fruit's quality maintenance during storage: Quality of strawberry. *J. Food Process. Preserv.*, 39(1), 80-90.
- Nunes, M.C.N., Brecht, J.K., Morais, A.M.M.B. & Sargent, S.A. (1995). Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology*, 6(1-2), 17-28.
- Paulus, A.O. (1990). Fungal diseases of strawberry. *HortScience*, 25, 885-889.
- Paydaş, S. (1998). Akdeniz kıyı şeridinde birim alandan en yüksek gelir elde etmek için neden çilek. *Cine Tarım Dergisi*, 11, 34-36.
- Peng, G. & Sutton, J.C. (1991). Evaluation of microorganisms for biocontrol of *Botrytis cinerea* in strawberry. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 13(3), 247-257.
- Peries, O.S. (1962). Studies on strawberry mildew caused by *Sphaerotheca macularis* (Wall. ex Fries) Jaczewski. I. Biology of the fungus. *Annals of Applied Biology*, 50, 211-224.
- Pertot, I., Giovannini, O., Benanchi, M., Caffi, T., Rossi, V. & Mugnai, L. (2017). Combining biocontrol agents with different mechanisms of action in a strategy to control *Botrytis cinerea* on grapevine. *Crop Protection*, 97, 85-93.
- Plakidas, A.G. (1965). Strawberry Diseases. Louisiana State University Press, Baton Rouge.
- Romanazzi, G., Feliziani, E., Bautista-Baños, S. & Sivakumar, D. (2017). Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(3), 579-601.
- Soylu, S., Atay, M., Kara, M., Uysal, A., Soylu, E.M. & Kurt, Ş. (2023). Morphological and molecular characterization of *Fusarium incarnatum* as a causal disease agent of pepper (*Capsicum annuum*) fruit rot. *Journal of Phytopathology*, 171(11-12), 688-699.

- Staats, M., van Baarlen, P. & van Kan, J.A. (2005). Molecular phylogeny of the plant pathogenic genus *Botrytis* and the evolution of host specificity. *Molecular biology and Evolution*, 22(2), 333-346.
- Sutton, J.C. (1990). Epidemiology and management of *Botrytis* leaf blight of onion and gray mold of strawberry: a comparative analysis. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 12(1), 100-110.
- Terry, L.A., Chope, G.A. & Bordonaba, J.G. (2007). Effect of water deficit irrigation and inoculation with *Botrytis cinerea* on strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruit quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(26), 10812-10819.
- Tsrör, L. (2010). Biology, epidemiology and management of *Rhizoctonia solani* on potato, *Journal of Phytopathology*, 158(10), 649-658.
- TÜİK, (2025). Bitkisel Üretim İstatistikleri, Çilek. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (Erişim Tarihi 20.09.2025).
- Urena-Padilla, A.R., Mitchell, D.J. & Legard, D.E. (2001). Over-summer survival of inoculum for *Colletotrichum* crown rot in buried strawberry crown tissue. *Plant Disease*, 85, 750-754.
- Vellicce, G.R., Ricci, J.C.D., Hernández, L. & Castagnaro, A.P. (2006). Enhanced resistance to *Botrytis cinerea* mediated by the transgenic expression of the chitinase gene ch5B in strawberry. *Transgenic Research*, 15(1), 57-68.
- Vu, K.D., Hollingsworth, R.G., Leroux, E., Salmieri, S. & Lacroix, M. (2011). Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. *Food Research International*, 44(1), 198-203.
- Wedge, D.E., Curry, K.J., Kreiser, B., Curry, A., Abril, M. & Smith, B.J. (2013). Fungicide resistance profiles for 13 *Botrytis cinerea* isolates from strawberry in southeastern Louisiana. *International Journal of Fruit Science*, 13(4), 413-429.
- Wedge, D.E., Smith, B.J., Quebedeaux, J.P. & Constantin, R.J. (2007). Fungicide management strategies for control of strawberry fruit rot diseases in Louisiana and Mississippi. *Crop Protection*, 26(9), 1449-1458.

- Williamson, B., Tudzynski, B., Tudzynski, P. & Van Kan, J.A. (2007). *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, 8(5), 561-580.
- Wing, K.B., Pritts, M.P. & Wilcox, W.F. (1994). Strawberry black root rot: A review. *Adv. Strawberry Res.*, 13, 13-19.
- Xiao, C.L., Chandler, C.K., Price, J.F., Duval, J.R., Mertely, J.C. & Legard, D.E. (2001). Comparison of epidemics of *Botrytis* fruit rot and powdery mildew of strawberry in large plastic tunnel and field production systems. *Plant Disease*, 85(8), 901-909.
- Yılmaz, H. (2006). Çilek Hastalıkları. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Yayınları. 64s.
- Zinkernagel, V. (1970). Die Verticilliumwelke als bodenbürtige Krankheit in Erdbeerkulturen Norddeutschlands. *Erwerbs-Obstbau*, 12, 23-26.





**ISBN: 978-625-378-377-8**