

TARIMSAL ÜRETİM DİSİPLİNLERİNDE ÇOK YÖNLÜ ÇALIŞMALAR



Editör
Doç. Dr. Burcu TUNCER

TARIMSAL ÜRETİM DİSİPLİNLERİNDE ÇOK YÖNLÜ ÇALIŞMALAR

EDİTÖR

Doç. Dr. Burcu TUNCER

YAZARLAR

Prof. Dr. Ahmet Naci ONUS

Prof. Dr. Ahmet TEKELİ

Prof. Dr. Naif GEBOLOĞLU

Prof. Dr. Fikret YAŞAR

Doç. Dr. Aytekin EKİNCİALP

Doç. Dr. Burcu TUNCER

Doç. Dr. Erdiñ BAL

Doç. Dr. Faika YARALI KARAKAN

Doç. Dr. Mustafa USTA

Doç. Dr. Selçuk Seçkin TUNCER

Doç. Dr. Turgay KABAY

Doç. Dr. Özlem ÜZAL

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah GÜLLER

Dr. Öğr. Üyesi Adnan DOĞAN

Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül DURUKAN KUM

Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt UYAK

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÇELİKYÜREK

Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe ÖZSAN KILIÇ

Dr. Hayrettin PEŞKİRCİOĞLU

Dr. K. Yaprak KANTOĞLU

Öğr. Gör. Halide TUĞA

Öğr. Gör. Rana BAYTİN ALACI

Öğr. Gör. Özlem YAŞAR

Arş. Gör. Berna ERGUN ÇETİN

Zir. Yük. Müh. Elif YELLİ

Zir. Yük. Müh. Emine POLAT

Zir. Yük. Müh. Mehmet BARIĞ

Zir. Yük. Müh. M. Sıddık BAYTİN

Uzm. Irmak ÇAKIN

Zir. Müh. Melih UÇAR



Copyright © 2023 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic
Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

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

Iksad Publications – 2023©

ISBN: 978-625-367-233-1

Cover Design: Burcu TUNCER

August / 2023

Ankara / Türkiye

Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	1
BÖLÜM 1	
DERİM SONRASI MELATONİN UYGULAMALARININ ÇİLEK MEYVE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ	
Doç. Dr. Erdiñ BAL.....	3
BÖLÜM 2	
DERİM SONRASI MEYVE VE SEBZELERDE NİTRİK OKSİT UYGULAMALARI	
Doç. Dr. Erdiñ BAL.....	27
BÖLÜM 3	
NANOPARTİKÜLLERİN <i>ALLIUM</i> TÜRLERİNDE KULLANIM ALANLARI	
Arş. Gör. Berna ERGUN ÇETİN	
Doç. Dr. Faika YARALI KARAKAN.....	51
BÖLÜM 4	
DOĞU ANADOLU BÖLGESİ' NİN ÖRTÜALTI SEBZE TARIM PROFİLİ	
Doç. Dr. Burcu TUNCER.....	81
BÖLÜM 5	
BİTKİ GELİŞİMİNİ UYARAN RİZOBAKTERİLER VE SEBZELERDE KULLANIM OLANAKLARI	
Doç. Dr. Aytekin EKİNCİALP.....	103
BÖLÜM 6	
BİTKİ GENETİK KAYNAKLARININ KORUNMASI VE KULLANIMI	
Doç. Dr. Aytekin EKİNCİALP.....	135
BÖLÜM 7	
<i>CAPSICUM</i> ISLAHI VE BİYOTEKNOLOJİSİ	
Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe ÖZSAN KILIÇ	
Prof. Dr. Ahmet Naci ONUS.....	155

BÖLÜM 8

MUTASYONLARIN SİTOLOJİK OLARAK BELİRLENMESİ

Dr. Hayrettin PEŞKİRCİOĞLU

Dr. K. Yaprak KANTOĞLU

Uzm. Irmak ÇAKIN.....187

BÖLÜM 9

FIRÇALAMA, KURAKLIK STRESİ VE PAKLOBUTRAZOL

UYGULAMALARININ KIVIRCIK YAPRAKLI BAŞ

SALATADA FİDE GELİŞMESİ VE KALİTESİNE ETKİSİ

Zir. Yük. Müh. Elif YELLİ

Prof. Dr. Naif GEBOLOĞLU

Zir. Yük. Müh. Emine POLAT.....233

BÖLÜM 10

PATLICANDA FARKLI ANAÇLAR ÜZERİNE AŞILAMANIN

ERKENCİLİK, VERİM VE MEYVE KALİTE

ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Zir. Yük. Müh. Emine POLAT

Prof. Dr. Naif GEBOLOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül DURUKAN KUM.....279

BÖLÜM 11

KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ DOMATES BİTKİSİNDE

KALSİYUM UYGULAMALARININ BESİN ELEMENTİ

İÇERİĞİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Özlem ÜZAL

Prof. Dr. Fikret YAŞAR

Öğr. Gör. Halide TUĞA

Öğr. Gör. Rana BAYTİN ALACI

Öğr. Gör. Özlem YAŞAR

Ziraat Müh. Melih UÇAR

Yük. Ziraat Müh. M. Sıddık BAYTİN.....323

BÖLÜM 12

KURAKLIĞIN SEBZE ÜRETİMİNE ETKİSİ

Doç. Dr. Turgay KABAY.....349

BÖLÜM 13

ASMALARDA GÖZ NEKROZU

Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt UYAK

Dr. Öğr. Üyesi Adnan DOĞAN.....359

BÖLÜM 14

TÜRKİYE’ DE BUĞDAY BİTKİSİNDE TESPİT EDİLEN VİRAL HASTALIKLARA İLİŞKİN GÜNCEL LİTERATÜR TARAMASI

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah GÜLLER

Doç. Dr. Mustafa USTA.....385

BÖLÜM 15

DÜNYA ORGANİK BİTKİSEL ÜRETİM ALANLARI, AB ORGANİK RUMİNANT HAYVANCILIK ÜRETİMLERİ VE TÜRKİYE’ DE DURUM

Doç. Dr. Selçuk Seçkin TUNCER

Prof. Dr. Ahmet TEKELİ.....401

BÖLÜM 16

KOYUNCULUK İŞLETMELERİNDE ZAMAN, İŞGÜCÜ VE VERİM ARTIRICI TEKNOLOJİLER

Yük. Zir. Müh. Mehmet BARIĞ

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÇELİKYÜREK.....425

ÖNSÖZ

Tarım, insanoğlunun yaşam ve gelişimini idame ettirebilmesi için en temel bitkisel ve hayvansal besin ihtiyaçlarının üretimine uygun olarak doğanın işlenmesi faaliyetlerini kapsar. İnsanoğlunun modern tarihsel sürecinin başlamasında önemli bir yeri olan tarımsal faaliyetlerde, artan nüfus ve ihtiyaç çeşitlenmelerini karşılayacak yeterli kalite ve miktarda gıda üretiminde sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu kitapta, insan yaşamında daima en stratejik ürün olma özelliğini koruyan gıda üretiminde gerek kalitatif gerekse de kantitatif olarak ihtiyacı karşılamak için tarımsal üretim disiplinlerinde yapılan çok yönlü çalışmaları bir araya getirerek ilgili yetiştirici ve akademik çevrelerin yararlanmasına olanak sağlanması amaçlanmıştır.

Tarımsal üretimi farklı yönleri ile irdeleyen ve değerli bilim insanlarının katılımıyla hazırlanan bu kitap 16 bölümden oluşmuştur. ‘**Tarımsal Üretim Disiplinlerinde Çok Yönlü Çalışmalar**’ isimli bu kitabın hazırlanmasına katkı sağlayan tüm yazarlarımıza, yayınlanma aşamasında emeği geçen İksad yayınevi çalışanlarına teşekkürlerimi sunar, bu kitabın bilim camiasına ve tarım sektörüyle uğraşan kesime faydalı olmasını temenni ederim.

Saygılarımla

Ağustos 2023

Editör

Doç. Dr. Burcu TUNCER

BÖLÜM 1

DERİM SONRASI MELATONİN UYGULAMALARININ ÇİLEK MEYVE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Doç. Dr. Erdiñ BAL¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8284896>

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. ebal@nku.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-9817-5842
Bu çalışmanın özeti VIII. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu'nda basılmıştır.

GİRİŞ

Üzüm sü meyveler içerisinde yer alan çilek meyvesi hem taze hem de işlenmiş formlarda beğenilerek tüketilen meyvelerden biridir. Çilek meyvesi şekerler, vitaminler ve mineraller gibi çok çeşitli besleyici bileşiklerin yanı sıra askorbik asit, flavonoidler, antosiyaninler ve fenolik bileşiklerce zengin önemli bir antioksidan kaynağıdır (Giampieri ve ark., 2015). Bununla birlikte çileklerin kompozisyonu, çeşitlere, çevre faktörlerine, derim sırasında olgunluk aşamasına ve ayrıca derim öncesi ve sonrası uygulamalara bağlı olarak değişmektedir (Aaby ve ark., 2012).

Çilek meyveleri narin yapıları nedeniyle, meyvelerin kalitesini hızla düşürebilen ve pazarlamayı zorlaştıran çeşitli patojenlere ve fiziksel yaralanmalara duyarlı hale gelerek meyvenin derim sonrası ömrü kısalmaktadır (Vu ve ark., 2001). Bu nedenle, derim sonrası ömrünü uzatmak ve çilek meyvesinin kalitesini artırmak için yeni ve etkili yöntemler geliştirmek gerekmektedir. Çilek meyvelerinin derim sonrası kalitesinin korunmasında ve dayanımının artırılmasında depo koşullarının iyi bir şekilde ayarlanması en önemli ve basit yöntemlerden birisidir (Han ve ark., 2004). Çilek meyvelerinin çeşide bağlı olarak değişmekle birlikte 0–1°C sıcaklık ve %90-95 oransal neme sahip odalarda 5–7 gün depolanabileceği bildirilmiştir (Hardenburg ve ark., 1986; Mitchell ve ark., 1996). Meyve ve sebzelerin muhafaza ömrünün ve kalitesinin artırılmasında derim sonrası değişik bileşiklerden faydalanılmaktadır. Özellikle biyoteknolojinin hızlı gelişmesiyle birlikte, ürünlerin raf ömrünü

uzatmak için bazı kimyasal bileşikler de kullanılmıştır (Wang ve ark., 2012).

Melatonin (N-acetyl-5-methoxytryptamine) önceleri sadece hayvansal bir hormon olarak bilinmekteydi, ancak melatoninin bitkilerde de varlığının tespitinden sonra bu molekül üzerinde çok sayıda araştırma yapılmıştır (Yakupoglu ve ark., 2018). Yapılan çalışmalarda birçok bitki türünün tohumları, meyveleri, yaprakları ve köklerinde oldukça yüksek miktarlarda melatonin bulunduğu saptanmıştır. Araştırmalar, melatoninin bitkilerde yaprak ve köklerin mitokondri ve kloroplastlarında sentezlendiğini, daha sonra çiçekler, meyveler ve meristemlere aktarıldığını göstermektedir. Bitkilerde, farklılaşma, çimlenme, olgunlaşma, yaşlanma, biyotik ve abiyotik strese karşı direnç dahil olmak üzere birçok fizyolojik süreçleri düzenleyen önemli bir hormon molekül olarak kabul edilmektedir (Tan ve ark., 2013; Arnao ve Hernández-Ruiz, 2013; Xu ve ark., 2019). Ayrıca son yıllarda derim sonu uygulamaları da yapılmaktadır. Melatoninin dışsal uygulamasının, antioksidan enzimleri, enzimatik olmayan antioksidanları ve oksitlenmiş protein onarımı ile ilgili enzimlerin miktarını artırarak derim sonrası meyve ve sebzelerdeki fazla reaktif oksijen türlerini uzaklaştırdığı tespit edilmiştir (Baraibar ve Friguet, 2013). Ayrıca, dışsal melatonin uygulamasının, içsel melatonin birikimini önemli ölçüde teşvik ettiği belirlenmiştir (Liu ve ark., 2018; Zhang ve ark., 2018). Bu bulgular içsel melatoninin sadece meyve ve sebzelerin yaşlanmasını geciktiren güçlü bir antioksidan değil, aynı zamanda enzimatik olmayan antioksidanların antioksidan

kapasitesine aracılık eden bir sinyal molekülü olduğunu da göstermektedir (Xu ve ark., 2019). Son dönemde yapılan araştırmalar dışsal melatonin uygulamasının meyve ve sebzelerin derim sonrası korunmasını geliştirdiğini göstermiştir (Ze ve ark., 2021). Melatoninin brokoli (Zhu ve ark., 2018), hıyar (Xin ve ark., 2017), şeftali (Gao ve ark., 2016), armut (Zhai ve ark., 2018), erik (Bal, 2019) ve kiraz (Wang ve ark., 2019) meyvelerinde derim sonrası olgunlaşmayı geciktirdiği, solunum hızlarını azalttığı, antioksidan enzim aktivitesini artırdığı ve dolayısıyla meyve kalitesi koruduğu belirlenmiştir. Ayrıca nar (Jannatizadeh, 2019) ve domateslerde (Jannatizadeh ve ark., 2019; Azadshahraki ve ark., 2018) melatonin uygulaması sonrası enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan bileşiklerin miktarındaki artışın etkisiyle membran bütünlüğünü koruyarak üşüme zararının etkisinin hafifletildiği tespit edilmiştir. Melatonin uygulanmış Hongyan çilek çeşidinde 4°C' de depolama sırasında mantari çürümelerin önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir (Liu ve ark., 2018). Cao ve ark. (2017) tarafından, elma meyvelerinde melatonin uygulamasının fungal enfeksiyonu engelleyerek raf ömrünü uzattığını bildirilmiştir.

Yapılan bu çalışmada Rubygem çilek çeşidinde farklı melatonin dozlarının (0, 250, 500 ve 1000 $\mu\text{mol l}^{-1}$) soğukta muhafaza süresince meyve kalitesine etkileri incelenmiştir.

1. MATERYAL VE METOT

Araştırma materyali olarak örtü altında yetiştirilmiş Rubygem çilek (*Fragaria x ananassa* Duch.) çeşidi meyve yüzeyinin %85'den fazlasının kırmızı rengi aldığı dönemde derim yapılarak kullanılmıştır.

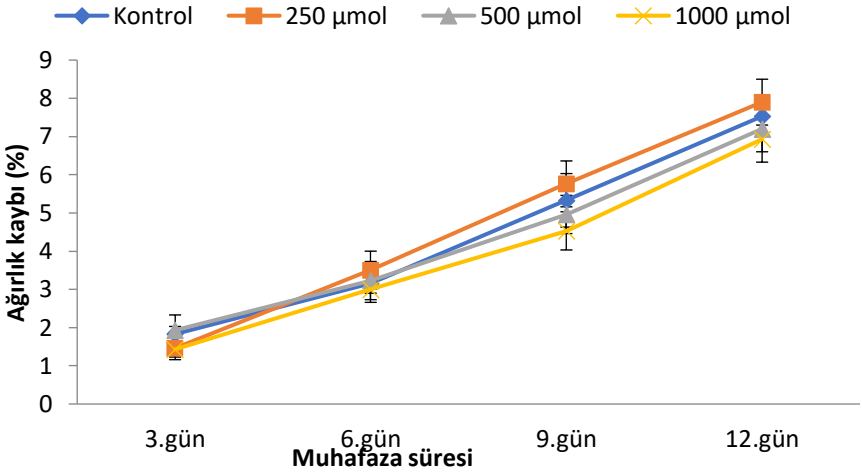
Çilek meyveleri Tekirdağ Namık Kemal Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait laboratuvara getirilerek derim sonrası uygulamaları yapmak üzere 4 eşit gruba ayrılmıştır. Gruplardan üçü 250, 500 ve 1000 $\mu\text{mol l}^{-1}$ melatonin (N-acetyl-5-methoxytryptamine) içeren çözeltilere 5 dakika süreyle daldırılmıştır. Kontrol meyveleri ise sadece suya 5 dakika süreyle daldırılmıştır. Daldırma işlemlerinden sonra bütün uygulama yapılan meyveler kaba filtre kağıtları üzerinde 30 dakika süre ile üzerlerindeki fazla suyun uzaklaştırılması için oda koşullarında kurutulmuştur.

Denemede; çilekler, $18 \times 11 \times 10$ cm ebadında polipropilen kapaklı-delikli kapların içerisine 350–400 g olacak şekilde yerleştirilerek çilek meyveleri $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$ sıcaklık % 90 ± 5 oransal nemli soğuk depoda 12 gün süreyle depolanmıştır. Meyvelerde depolama başlangıcı ve muhafaza suresince üç gün arayla ağırlık kaybı (%), suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) (%), titre edilebilir asitlik (TA, sitrik asit) (%), askorbik asit miktarı ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) (AOAC, 1995), toplam antosiyanin miktarı ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) (Gol ve ark., 2013), toplam fenolik madde miktarı ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) (Singleton ve ark., 1999), toplam antioksidan miktarı ($\mu\text{mol g}^{-1}$) (Brand-Williams ve ark., 1995) ve çürüme oranı (%) belirlenmiştir. Çalışmanın istatistiksel analizi SPSS 15.0 paket programı kullanılarak tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve varyans analizi LSD testine ($p < 0.05$) göre yapılmıştır.

2. BULGULAR VE TARTIŞMA

2.1. Ağırlık Kaybı

Çilek meyveleri son derece ince bir epidermal yapıya sahip olması nedeniyle hızlı su kaybına karşı oldukça hassastır. Araştırmada depolama süresince bütün uygulamalarda ağırlık kaybında düzenli artışlar meydana gelmiştir (Şekil 1). Uygulamalar arasında çok büyük farklılıklar olmamasına rağmen bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Düşük doz melatonin uygulaması ağırlık kaybı üzerine etkili olmaz iken, doz arttıkça azda olsa olumlu etkiler gözlemlenmiştir. 12 günlük soğukta depolama süresi sonunda en yüksek ağırlık kaybı % 7.9 ile 250 $\mu\text{mol l}^{-1}$ melatonin uygulamasında görülürken, bunu % 7.5 ile kontrol grubu takip etmiştir. En düşük ağırlık kaybı ise % 6.9 ile 1000 $\mu\text{mol l}^{-1}$ melatonin uygulanmış meyvelerde belirlenmiştir. Gao ve ark. (2016) ve Wang ve ark. (2019)'da melatonin uygulamasının depolama sırasında şeftali ve kiraz meyvelerinde çürüme oranını ve ağırlık kaybını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir.

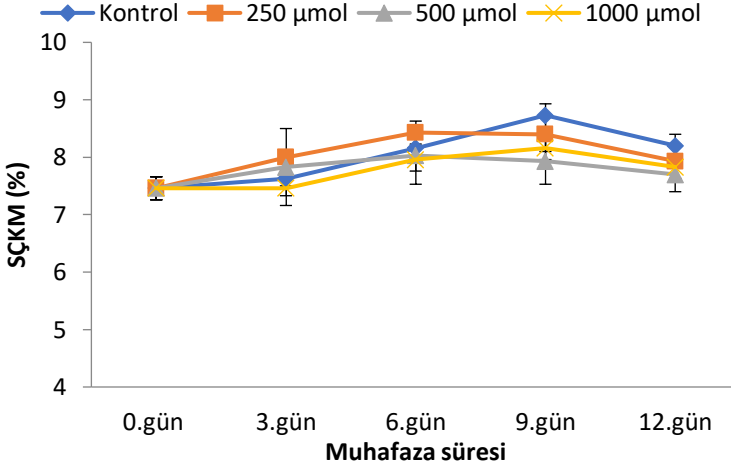


Şekil 1: Derim Sonrası Melatonin Uygulamalarının Ağırlık Kaybı Üzerine Etkileri

2.2. Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı

Çilek gibi klimakterik olmayan meyvelerde nişasta şeker değişimi olgunluktan önce tamamlandığı için depolama aşamasında şekerlerdeki değişim daha yavaş gerçekleşmektedir (Karaçalı, 2012; Çay, 2018). Çalışmada da çilek meyvelerinde muhafaza süresince saptanan SÇKM miktarları depolamanın ilk dönemlerinde bir miktar artmış, depolama sonuna doğru ise azalmıştır (Şekil 2). Muhafaza süresince SÇKM miktarında meydana gelen azalmanın çilek meyvelerindeki solunum hızından kaynaklandığı düşünülmektedir (Cordenunsi ve ark., 2002; Öz ve Kafkas, 2015). Derim zamanında SÇKM değeri %7.4 olarak belirlenmiştir. 12. günün sonunda ise en yüksek SÇKM miktarı kontrol grubunda (%8.2) belirlenirken, en düşük SÇKM miktarı ise 500 µmol l⁻¹ melatonin uygulamasında (%7.7) tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Wang ve ark. (2019)' nın, kiraz meyvelerinde melatonin uygulamasının SÇKM değişimini

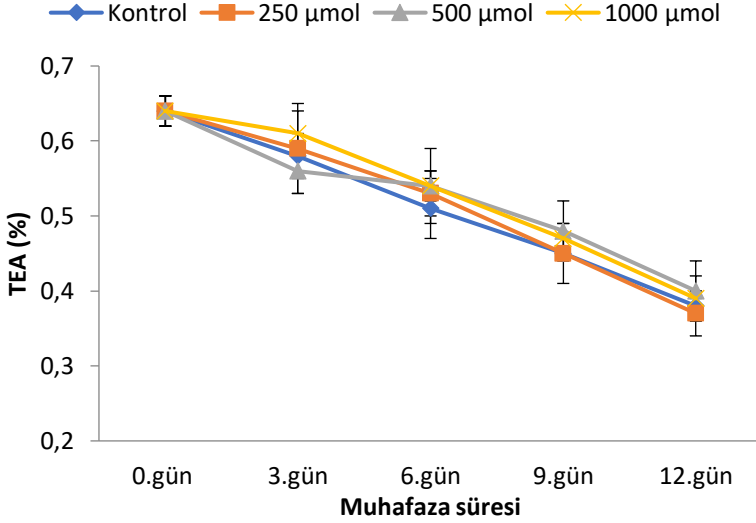
sınırlandırarak etkili olduğunu bildiren çalışma ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 2: Derim Sonrası Melatonin Uygulamalarının SÇKM Üzerine Etkileri

2.3. Titre Edilebilir Asitlik Miktarı

Çilek meyvelerinde tat sadece şekerlerden değil, lezzete katkı sağlayan asit ve uçucu bileşiklerden de önemli düzeyde etkilenmektedir (Cordenunsi ve ark., 2002). Araştırmada uygulamalara bağlı olarak muhafaza süresinin uzaması ile meyvelerde titre edilebilir asit (TEA) miktarında değişen oranlarda azalmalar olduğu saptanmıştır (Şekil 3). Ancak derim sonrası uygulamaların depolama süresince bu azalışa etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Başlangıç TEA değeri %0.64 olarak belirlenirken, muhafaza süresi sonunda ise kontrol, 250, 500 ve 1000 µmol l⁻¹ melatonin uygulamalarında sırasıyla %0.38, %0.37, %0.40 ve %0.39'a düştüğü tespit edilmiştir.

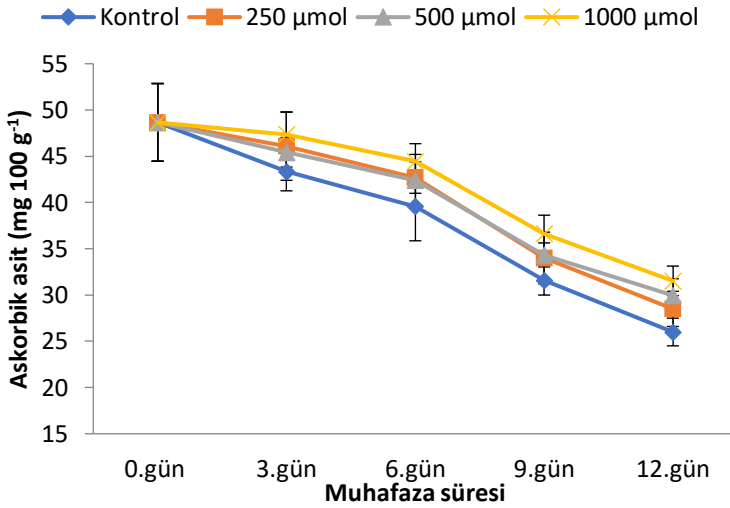


Şekil 3: Derim Sonrası Melatonin Uygulamalarının TEA Üzerine Etkileri

2.4. Askorbik Asit Miktarı

Çilek meyvelerinde askorbik asit içeriği çeşide, yetiştirme koşullarına, olgunlaşma düzeyine ve depolama koşullarına göre önemli farklılıklar göstermektedir. Ancak genel olarak, meyve ve sebzelerin C vitamini içeriğinde depolanma sıcaklığı veya süresi arttıkça kademeli olarak azalmaktadır (Koyuncu ve Dilmaçunal, 2010). Araştırmada da depolama başlangıcında ortalama $48.6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ olan askorbik asit içeriği depolama süresince uygulamalara göre farklı düzeylerde azalma göstermiştir (Şekil 4). Askorbik asit içeriğindeki bu azalmanın nedeni depolama süresi ilerledikçe artan ağırlık kaybı ve solunum hızına bağlanabilir (Hernandez-Munoz ve ark., 2008; Bal, 2019). 12 günlük muhafaza süresi sonunda askorbik asit değerindeki bu azalma en az

1000 $\mu\text{mol l}^{-1}$ melatonin uygulanmış meyvelerde (31.5 mg 100 g^{-1}) meydana gelirken, bunu sırasıyla 500 ve 250 $\mu\text{mol l}^{-1}$ melatonin uygulamaları (29.9 ve 28.5 mg 100 g^{-1}) takip etmiştir. En fazla askorbik asit kaybı ise kontrol grubunda (26 mg 100 g^{-1}) belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara benzer şekilde melatonin uygulamalarının hıyar ve şeftali meyvelerinde askorbik asit içeriğinin korunumu üzerine etkili olduğu bildirilmiştir (Gao ve ark., 2016; Xin ve ark., 2017). Ayrıca, Liu ve ark. (2016) derim öncesi melatonin ile muamele edilmiş domates meyvelerinin, önemli ölçüde daha yüksek likopen ve askorbik asit birikimi sergilediğini belirlemiştir.

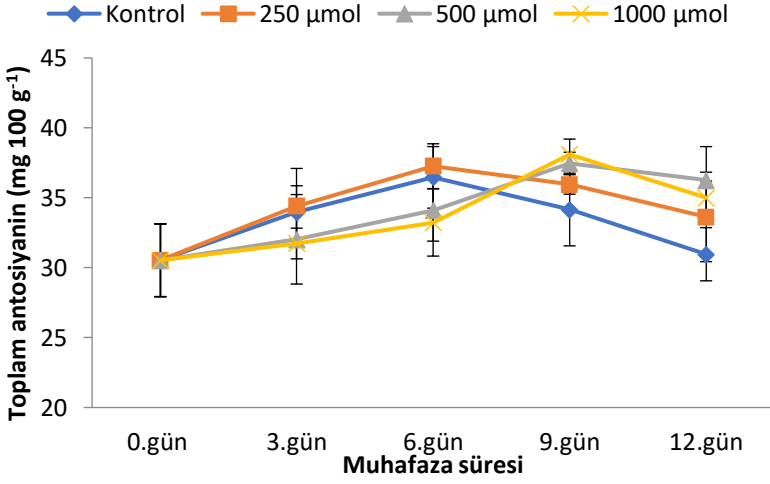


Şekil 4: Derim Sonrası Melatonin Uygulamalarının Askorbik Asit Üzerine Etkileri

2.5. Toplam Antosiyanin Miktarı

Çilek meyvelerinde antosiyanin hem meyve görünüşüne etkisi hem de antioksidan özelliği sebebiyle meyve kalitesi için önemli bir parametredir. Kararsız bileşikler olarak bilinen antosiyaninler özellikle

işleme ve depolama sırasında maruz kaldıkları çok sayıda enzimatik ve kimyasal reaksiyonlar neticesinde miktarları değişmektedir (Kadivec ve ark., 2013). Araştırmada, depolama sürecinde antosiyanin miktarında artan ve azalan değişimler belirlenmiştir (Şekil 5). Başlangıçta toplam antosiyanin miktarı $30.5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ iken, uygulamalarda 6. ve 9. güne kadar artışlar görülmüştür. Bu artışın, Han ve ark. (2004) ile Atriss ve ark. (2010)'nın çilek meyvesinde bildirdiği gibi depolama sürecinde antosiyaninlerin sentezi nedeniyle meyvelerin daha koyu hale gelmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak 12. günde bu artış son bulmuş ve tüm uygulamalarda azalma meydana gelmiştir. Muhafaza süresinin sonunda toplam antosiyanindeki bu azalmanın ise meyvelerin yaşlanması ile birlikte antosiyanin pigmentinin kaybolmasından ileri geldiği ve araştırmada melatonin uygulamalarının renk bozulmalarını yavaşlattığı düşünülmektedir. Nitekim 12. günde en düşük antosiyanin miktarı kontrol grubunda ($30.9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) belirlenirken, en yüksek antosiyanin miktarı ise $500 \text{ } \mu\text{mol l}^{-1}$ ($36.2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) ve $1000 \text{ } \mu\text{mol l}^{-1}$ ($35 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) melatonin uygulamalarında tespit edilmiştir. Lorente-Mento ve ark. (2021), derim öncesi nar meyvelerine melatonin uygulamaları sonucu, meyvelerde fenolik bileşiklerin ve antosiyaninlerin tüm depolama periyodu boyunca kontrol meyvelerine göre daha yüksek seviyelerde kaldığını tespit etmişlerdir.

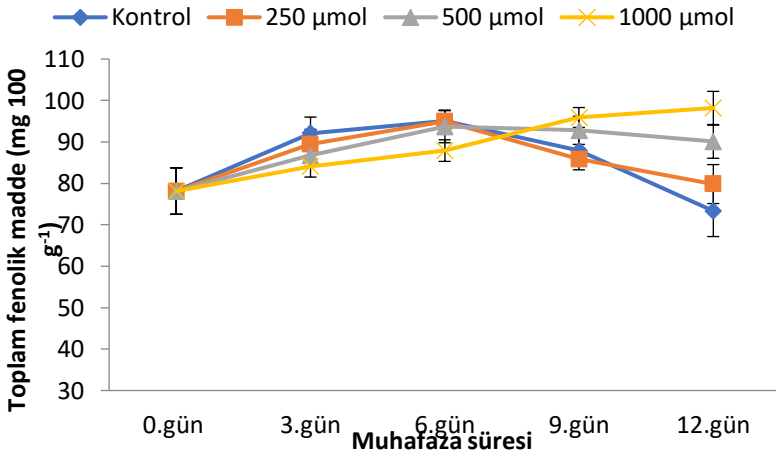


Şekil 5: Derim Sonrası Melatonin Uygulamalarının Toplam Antosiyantin Üzerine Etkileri

2.6. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Çilek meyveleri zengin mineral madde içeriği, kendine has tat ve aroma maddeleri ile tüketici tercihini kazanırken, aynı zamanda antioksidatif ve antimikrobiyal özelliğe sahip fenolik bileşiklerin de önemli bir kaynağıdır (Beattie ve ark., 2005). Muhafaza süresince meyvelerdeki toplam fenolik içeriğindeki değişiklikler Şekil 6' da gösterilmiştir. Derimden hemen sonra 78.13 mg 100 g⁻¹ olan fenolik madde miktarı, depolama süresi ilerledikçe genel olarak artış ve azalış şeklinde değişim göstermiştir. Ancak uygulamalar içerisinde sadece 1000 µmol l⁻¹ melatonin uygulanmış meyvelerde muhafaza süresi sonuna kadar değişen oranlarda sürekli artış göstermiştir. Genel olarak depolama sırasında çileklerin fenolik içeriğindeki artış, antosiyantinlerin birikmesine ve koyu kırmızı kahverengi renginin gelişmesine bağlanabilir (Nunes ve ark., 1995). Depolama süresi

sonunda en düşük toplam fenolik madde miktarı kontrol grubunda ($73.3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), en yüksek toplam fenolik madde miktarı ise $1000 \text{ } \mu\text{mol l}^{-1}$ melatonin grubunda ($98.2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) tespit edilmiştir. Araştırmada melatonin uygulamasının fenolik bileşiklerin korunmasında etkili olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, nektarin meyvelerinde fenolik bileşiklerin seviyesinin melatonin uygulaması ile belirgin şekilde arttığını gözlemleyen Bal (2021) ile tutarlıdır. Benzer şekilde Zhang ve ark. (2018) ile Gao ve ark. (2016)' da litchi ve şeftali meyvelerinde yaptıkları çalışmada, depolama boyunca melatonin uygulanmış meyvelerde polifenol oksidaz enzim aktivitesinin azaldığını ve bu nedenle meyvelerde daha yüksek oranda fenolik bileşik içeriğine sahip olduklarını belirlemiştir.

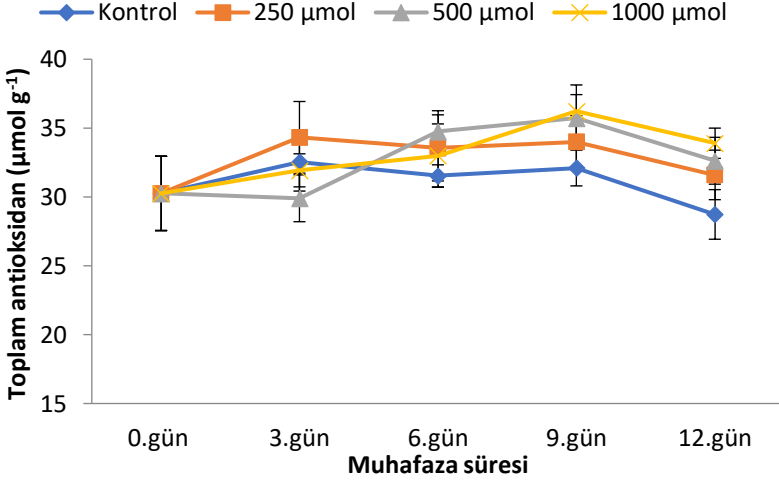


Şekil 6: Derim Sonrası Melatonin Uygulamalarının Toplam Fenolik Maddeler Üzerine Etkileri

2.7. Toplam Antioksidan Miktarı

Çilek meyvelerinde antioksidan bileşik miktarı çeşit, olgunlaşma zamanı, depo ömrü ile ürün işleme tekniğinden etkilendiği ve antioksidan özelliğinin büyük ölçüde yapısında yer alan polifenoller ve vitaminlerden kaynaklandığı belirtilmektedir (Özgen ve ark., 2007; Aaby ve ark., 2012). Çalışmada melatonin uygulanan çilek meyvelerinin C vitamini ve fenolik bileşik miktarı yüksek olduğu, bu meyvelerde aynı zamanda antioksidan aktivitesinin de yüksek olduğu tespit edilmiştir. Nitekim Tulipani ve ark. (2008) çilek meyvelerinde antioksidan aktivitesi ile C vitamini ve fenolik bileşikler arasında radikal oksijen süpürme etkinliğinden dolayı sıkı bir ilişki olduğunu bildirmiştir. Ze ve ark. (2021) ise, derim sonrası meyvelerde melatoninin çoklu biyolojik fonksiyonlarını antioksidan ve savunma sistemlerini geliştiren bitki hormonları ve diğer sinyal molekülleri ile ilişkilerine bağlamıştır. Araştırmada meyvelerinin toplam antioksidan miktarında artış azalış şeklinde dalgalanmalar olmakla birlikte, muhafaza süresi sonunda sadece kontrol grubunda başlangıç değerine ($30.2 \mu\text{mol g}^{-1}$) göre azalma görülmüştür (Şekil 7). Muhafaza süresince en yüksek antioksidan miktarı 9. günde $1000 \mu\text{mol l}^{-1}$ melatonin uygulanmış meyvelerde ($36.2 \mu\text{mol g}^{-1}$) görülürken, en düşük antioksidan miktarı ise 12. günde kontrol meyvelerinde ($28.7 \mu\text{mol g}^{-1}$) tespit edilmiştir. Yapılan farklı çalışmalarda derim sonrası farklı dozlarda melatonin uygulamasının kivi, erik ve domates meyvelerinde antioksidan sisteminin etkinliğini arttırdığı ifade edilmiş olup (Bal,

2019; Jannatizadeh ve ark., 2019; Wang ve ark., 2019), bu sonuç araştırmada elde edilen sonucu desteklemektedir.

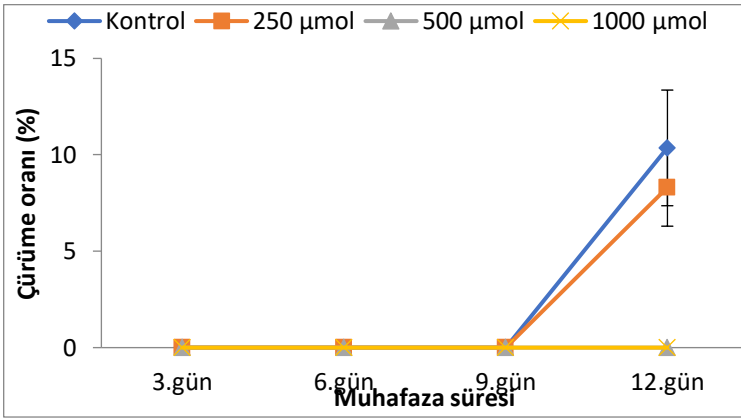


Şekil 7: Derim Sonrası Melatonin Uygulamaların Toplam Antioksidan Üzerine Etkileri

2.8. Çürüme Oranı (%)

Çilekler, yumuşak yapıları ve fungal enfeksiyonlara karşı hassas olmaları nedeniyle çabuk bozulabilir bir meyve türü olduğundan, derimden sonra fungal enfeksiyonlara karşı önlem alınması gerekmektedir. Araştırmada depolamanın ilk 9 gününde tüm uygulamalarda herhangi bir çürük meyve tespit edilmemiş ve 12. günde ise sadece kontrol meyveleri (%10.3) ile 250 $\mu\text{mol l}^{-1}$ melatonin uygulanmış meyvelerde (%8.3) belirlenmiştir (Şekil 8). 1000 $\mu\text{mol l}^{-1}$ ve 500 $\mu\text{mol l}^{-1}$ melatonin uygulamalarında herhangi bir çürük meyveye rastlanmamıştır. Meyvenin savunma sistemi, derim sonrası hastalık direnci için çok önemlidir. Zhang ve ark. (2020) melatonin uygulamasından sonra, nitrik oksit ve reaktif oksijen türlerin

depolamanın erken aşamasında önemli ölçüde artırdığını, melatonin ile bu bileşikler arasındaki koordineli iş birliğinin çeşitli meyve türlerinde hastalık direncini uyardığını bildirmiştir. Elde edilen bulgularla benzer şekilde Liu ve ark. (2018) ile Wang ve ark. (2019) derim sonrası melatonin uygulamasının çürümeyi önemi oranda azalttığını bildirmişlerdir.



Şekil 8: Derim Sonrası Melatonin Uygulamaların Çürüme Oranı Üzerine Etkileri

Cao ve ark. (2017) tarafından Fuji elma çeşidinde *Botrytis cinerea*'nın neden olduğu derim sonrası çürümelere karşı dışsal melatoninin kontrol etkinliğini belirlemek üzere yapılan çalışmada, melatonin uygulanmış meyvelerde lezyon alanlarının önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Liu ve ark. (2016) ise melatonin uygulamasının, kiraz domatesinde *Botrytis cinerea* gibi mantarlara karşı hastalık direncinin artırılmasında rol oynayabilecek içsel melatonin ve salisilik asit içeriğini artırarak derim sonrası çürümenin kontrolünde doğal ve ekonomik bir elisitör olabileceğini öne sürmüştür.

SONUÇ

Rubygem çilek çeşidi ile 1°C sıcaklık ve %90-95 oransal nem içeren depo koşullarında 12 gün süreyle yapılan bu çalışmada çeşitli kalite parametreleri incelenmiş, kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında 1000 $\mu\text{mol l}^{-1}$ ve 500 $\mu\text{mol l}^{-1}$ melatonin dozlarının özellikle biyokimyasal bileşiklerin korunmasında daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Bu sonuçlar ışığında her ne kadar melatoninin kaliteyi arttırıcı etkilerinin olduğu görülse de farklı türlerde melatoninin dokuya özgü rolünün belirlenmesi amacıyla melatoninin ideal konsantrasyonları ve uygulama sürelerini de içeren yeni çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aaby, K., Mazur, S., Nes, A., & Skrede, G. (2012). Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruits: composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chemistry*, 132: 86-97.
- AOAC (1995). *Official Methods of Analysis*, 16th ed. 45.1.14. AOAC, Arlington, Virginia.
- Arnao, M.B., & Hernández-Ruiz, J. (2013). Growth conditions influence the melatonin content of tomato plants. *Food Chemistry*, 138: 1212-1214.
- Atress, A.S.H., El-Mogy, M.M., Aboul-Anean, H.E., & Alsaniu, B.W. (2010). Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 2: 88-97.
- Azadshahraki, F. Jamshidi, B., & Mohebbi, S. (2018). Postharvest melatonin treatment reduces chilling injury and enhances antioxidant capacity of tomato fruit during cold storage. *Advances in Horticultural Science*, 32(3): 299-309.
- Bal, E. (2019). Physicochemical changes in 'Santa Rosa' plum fruit treated with melatonin during cold storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(3): 1713-1720.
- Bal, E. (2021). Effect of melatonin treatments on biochemical quality and postharvest life of nectarines. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15: 288-295.
- Baraibar, M.A., & Friguet, B. (2013). Oxidative proteome modifications target specific cellular pathways during oxidative stress, cellular senescence and aging. *Experimental Gerontology*, 48: 620-625.
- Beattie J., Crozier A., & Duthie G.G. (2005). Potential health benefits of berries. *Current Nutrition Food Science*, 1: 71-86.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., & Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss Technology*, 28:25-30.
- Cao, J.J., Yu, Z.C., Zhang, Y., Li, B.H., Liang, W.X., & Wang, C.X. (2017). Control efficiency of exogenous melatonin against post-harvest apple grey mold and

- its influence on the activity of defensive enzymes. *Plant Physiology*, 53: 1753-1760.
- Cordenunsi, B.R., Nascimento, J.R.O., Genovese M.I., & Lajolo F.M. (2002). Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(9): 2581-2586.
- Çay, S. (2018). Çilek yetiştiriciliğinde leonardit kullanımı ve farklı map uygulamalarının muhafaza kalitesine etkileri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 112s.
- Gao, H., Zhang, Z.K., Chai, H.K., Cheng, N., Yang, Y., & Wang, D.N. (2016). Melatonin treatment delays postharvest senescence and regulates reactive oxygen species metabolism in peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 118: 103-110.
- Giampieri, F., Forbes-Hernandez, T.Y., Gasparri, M., Alvarez-Suarez, J.M., Afrin, S., Bompadre, S., Quiles, J.L., Mezzetti, B., & Battino, M., (2015). Strawberry as a health promoter: an evidence based review. *Food Function*, 6: 1386-1398.
- Gol, N.B., Patel, P.R. & Rao, T.V.R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 85: 185-195.
- Han, C., Zhao, Y., Leonard, S.W., & Traber, M.G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*, 33: 67-78.
- Hardenburg, R.E., Watada, E.E. & Wang, C.Y. (1986). The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook. No: 66.
- Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Valle, V.D., Del Velez, V., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110: 428-435.

- Jannatizadeh, A. (2019). Exogenous melatonin applying confers chilling tolerance in pomegranate fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 246: 544-549.
- Jannatizadeh, A., Aghdam, M.S., Luo, Z., & Razavi, F. (2019). Impact of exogenous melatonin application on chilling injury in tomato fruits during cold storage. *Food Bioprocess Technology*, 12: 741-750.
- Karaçalı, İ. (2012). Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazara Hazırlanması (8. Baskı). Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 494.
- Kadivec, M., Bornsek, S.M., Polak, T., Demšar, L., Hribar, J., & Pozrl, T. (2013). Phenolic content of strawberry spreads during processing and storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61: 9220-9229.
- Koyuncu, M. A., & Dilmaçunal, T. (2010). Determination of vitamin C and organic acid changes in strawberry by HPLC during cold storage. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(3): 95-98.
- Liu, J., Zhang, R., Sun, Y., Liu, Z., Jin, W., & Sun, Y. (2016). The beneficial effects of exogenous melatonin on tomato fruit properties. *Scientia Horticulturae*, 207: 14-20.
- Liu, C.H., Zheng, H.H., Sheng, K.L., Liu, W., & Zheng, L. (2018). Effects of melatonin treatment on the post-harvest quality of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 139: 47-55.
- Lorente-Mento, J.M. Guillén, F. Castillo, S. Martínez-Romero, D. Valverde, J.M. Valero, D., & Serrano, M. (2021). Melatonin treatment to pomegranate trees enhances fruit bioactive compounds and quality traits at harvest and during postharvest storage. *Antioxidants*, 10(6): 820.
- Mitchell, F.G., Mitcham, E., Thompson, J.E., & Welch, N. (1996). Handling strawberries for fresh market. Oakland, CA: University of California, 14 p.
- 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.

- Öz, A.T., & Kafkas, E. (2015). Muhafaza süresinin 'Festival' çilek çeşidi meyvelerinde fiziksel özelliklere ve biyokimyasal bileşimine etkisinin belirlenmesi. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2): 105-112.
- Özgen, M., Serçe, S., Gündüz., K., Yen, F., Kafkas, E., & Paydaş, S. (2007). Determining total phenolics and antioxidant activity of selected *Fragaria* genotypes. *Asian Journal of Chemistry*, 19(7): 5573-5581.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R.M., (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Oxidants and Antioxidants*, 299:152-178.
- Tan, D.X., Manchester, L. C., Liu, X.Y., Rosales-Corral, S.A., Acuna- Castroviejo, D., & Reiter, R.J. (2013). Mitochondria and chloroplasts as the original sites of melatonin synthesis: a hypothesis related to melatonin's primary function and evolution in eukaryotes. *Journal of Pineal Research*, 54: 127-138.
- Tulipani, S. Mezzetti, B. Capocasa, F. Bompadre, S. Beekwilder, J. de Vos, C. Capanoglu, E. Bovy, A., & Battino, M. (2008). Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 696-704.
- Vu, K.D., Hollingsworth, R.G., Leroux, E., Salmieri, S., & Lacroix, M. (2001). Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. *Food Research International*, 44: 198-203.
- Wang, J.Z., Zhang, S.L., Zhou, Q., Tao, S.T., Shahrokh, K., & Ye, Y.X. (2012). The effect of six post-harvest treatment methods on strawberry fruit quality. *Food Research and Development*, 33: 179-181.
- Wang, F., Zhang, X., Yang, Q., & Zhao, Q. (2019). Exogenous melatonin delays postharvest fruit, senescence and maintains the quality of sweet cherries. *Food Chemistry*, 301: 125311.
- Xin, D.D., Si, J.J., & Kou, L.P. (2017). Post-harvest exogenous melatonin enhances quality and delays the senescence of cucumber. *Acta Horticulturae Sinica*, 44: 891-901.

- Xu, T., Chen, Y. & Kang, H. (2019). Melatonin is a potential target for improving post-harvest preservation of fruits and vegetables. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1388.
- Yakupoğlu, G., Köklü, Ş., & Korkmaz, A. (2018). Bitkilerde melatonin ve üstlendiği görevler. *KSÜ Tarım ve Doğa ve Doğa Dergisi*, 21(2): 264-276.
- Ze, Y., Gao, H., Li, T., Yang, B., & Jiang Y. (2021). Insights into the roles of melatonin in maintaining quality and extending shelf life of postharvest fruits. *Trends Food Science Technology*, 109: 569-578.
- Zhang, Y.Y., Huber, D.J., Hu, M.J., Jiang, G.X., Gao, Z.Y., & Xu, X.B. (2018). Melatonin delays postharvest browning in litchi fruit by enhancing anti-oxidative processes and oxidation repair. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66: 7475-7484.
- Zhang, W., Cao, J., Fan, X., & Jiang, W. (2020). Applications of nitric oxide and melatonin in improving postharvest fruit quality and the separate and crosstalk biochemical mechanisms. *Trends in Food Science & Technology*, 99: 531-541.
- Zhai, R., Liu, J.L., Liu, F.X., Zhao, Y.X., Liu, L.L., & Fang, C. (2018). Melatonin limited ethylene production, softening and reduced physiology disorder in pear (*Pyrus communis* L.) fruit during senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 139: 38-46.
- Zhu, L.L., Hu, H.L., Luo, S.F., Wu, Z.X., & Li, P.X. (2018). Melatonin delaying senescence of postharvest broccoli by regulating respiratory metabolism and antioxidant activity. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 34: 300-308.

BÖLÜM 2

DERİM SONRASI MEYVE VE SEBZELERDE NİTRİK OKSİT UYGULAMALARI

Doç. Dr. Erdiñ BAL¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8284911>

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. ebal@nku.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-9817-5842

GİRİŞ

Nitrik oksit (NO), bitkilerde ve hayvanlarda çok işlevli bir sinyal molekülü görevi gören serbest radikal bir gazdır (Wendehenne ve ark., 2001). Nitrik oksit 1992'de 'Yılın Molekülü' seçilmiş ve o zamandan beri biyolojisi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (Koshland, 1992). Bitkilerden NO emisyonu ve bunun bitki büyümesi üzerindeki etkileri 1970'lerin başında tanımlanmış ve tarım ve gıda teknolojisi üzerine birçok çalışmanın konusu olmuştur (Anderson ve Mansfield, 1979; Klepper, 1979). Daha sonraki yıllarda bitkilerin sadece atmosferik Nitrik oksit'e cevap vermediği aynı zamanda önemli miktarlarda içsel olarak Nitrik oksit'i ürettikleri de kesinlik kazanmıştır (Wildt ve ark., 1997). Bitkilerde büyüme ve gelişme süreçlerinde yer almasının yanı sıra abiyotik ve biyotik stres tepkileri dahil olmak üzere çeşitli düzenleyici yollarda etkinliği tespit edilmiştir (Leshem ve Haramaty, 1996; Gupta ve ark., 2011; Kolbert ve ark., 2019; Corpas ve ark., 2020). Bitki NO araştırmalarında son 20 yılda kaydedilen etkileyici ilerlemeye rağmen, NO sinyalini çevreleyen karmaşıklıklar hakkında pek çok bilgi eksik kalmaktadır. En zorlu faktörlerden biri, NO'nun içsel olarak doğru miktarının belirlenmesi olmuştur.

Bitkiler üzerine çalışan bilim insanlarının ilk olarak 20. yüzyılın sonlarına doğru NO' nun bitki-patojen etkileşimlerine ait bulgular dikkatini çekmiştir (Leshem ve Haramaty, 1996). Bu konuda yapılan ilk çalışmalar, NO' nun dışarıdan uygulanmasının biyotik stres toleransını artırabileceğini göstermiş ve sonraki çalışmaların büyük bir kısmı da artan patojen direncinde NO' nun rolünü ispatlamıştır (Mur ve

ark., 2016). Bu önemli etkisinin yanı sıra tohum çimlenmesi, fidelerde primer kök büyümesi, hücre uzamasının düzenlenmesi, çiçeklenme, bitki olgunlaşması ve yaşlanması, stoma hareketleri, yer çekimine yönelim, mitokondrinin çalışması ve fotosentez gibi çok sayıda olayda rol oynamaktadır. Benzer şekilde ağır metal stresi, sıcaklık, kuraklık ve tuzluluk gibi farklı abiyotik streslere karşı da koruyucu bir rol almaktadır. Bununla birlikte, NO' nun, buğday ve bezelye gibi çeşitli bitki türlerinde indüklenmiş programlanmış hücre ölümünü engellemeye ve stoma işlevine yardımcı olmasının yanı sıra, birkaç bitki hormonunun içsel bir modülatörü olduğu da belirlenmiştir (Leshem ve Haramaty, 1996; García-Mata ve Lamattina, 2001; Bright ve ark., 2006). Ayrıca NO, serbest radikal varlığı, küçük boyutlu redoks molekülleri, nötr ve bir hücre zarından kolayca yayılabilirliği dinamik bir ajan molekül gibi davranmasını sağlamaktadır (Domingos ve ark., 2015). Bahçe bitkilerinde derim sonrası dönemde de NO' nun çeşitli gelişimsel ve fizyolojik aktivitelere aracılık eden anahtar bir sinyal molekül olduğunun anlaşılması üzerine çalışmalar bu konuda hız kazanmıştır.

1. NİTRİK OKSİT BİYOSENTEZİ

NO potansiyel olarak toksik, biyoaktif ve nispeten kararsız bir serbest radikal gazdır. NO, son derece lipofilik özelliklerinden dolayı, belirli zar taşıyıcılarının yardımı olmaksızın bir hücre zarı yoluyla yayılabilir (Feldman ve ark., 1993; Leshem, 2000). Nispeten düşük konsantrasyonlarda NO gazı dakikalardan saatlere kadar değişen bir yarı ömre sahip olabilir ve çeşitli hücre katmanları boyunca ve hücreler

arası boşlukta oldukça uzun mesafelere yayılabilirken, daha yüksek konsantrasyonlarda NO oldukça kısa bir yarı ömre sahiptir (Henry ve ark., 1997).

Bitkilerin genellikle farklı enzim bazlı mekanizmalarla NO ürettiği ve buna tepki verdiği tespit edilmiştir (Rockel ve ark., 2002). Bitkilerde birkaç potansiyel NO kaynağı bulunmakla birlikte, bunların her birinin NO' nun fizyolojik üretimi için önemi türlere, hücrelere/dokulara, bitkilerin büyüdüğü koşullara bağlı olarak değişmektedir. Çok sayıda NO üretim yolu ifade edilse de bunların bitkilerde sadece birkaç tanesi tam olarak aydınlatılabilmektedir. Çoğunlukla enzimatik ve enzimatik olmayan iki farklı metabolik yol ile sentezlendiği üzerinde durulmaktadır. NO' nun enzimatik sentezinin, nitrat redüktaz veya nitrik oksit sentaza bağlı olarak ya indirgeyici ya da oksidatif bir yolla sitoplazma, kloroplast, mitokondri ve peroksizomlarda gerçekleştiği ifade edilmiştir (Pols ve ark., 2022). NO' nun enzimatik olmayan sentezi için ise bilgi sınırlı olmakla birlikte, nitritin (NO₂) asidik (pH:3-6) ve/veya indirgeyici bir ortamda NO' ya dönüşümü ile gerçekleştiği düşünülmektedir (Stohr ve Ullrich, 2002). Işıklı ortamda, karotenoidler NO oluşturmak için nitrik dioksit ile reaksiyona girebildiği de ifade edilmiştir (Cooney ve ark., 1994).

2. DERİM SONRASI DÖNEMDE NO ETKİSİ

Meyvelerin ve sebzelerin olgunlaşması ve yaşlanması, ürünün ilerleyen süreçte çürümesine kadar yol açan çeşitli biyokimyasal olayları içeren karmaşık bir gelişimsel fizyolojik süreçtir. İçsel etilen sentezi genellikle meyvelerin, çiçeklerin ve sebzelerin tüm gelişim

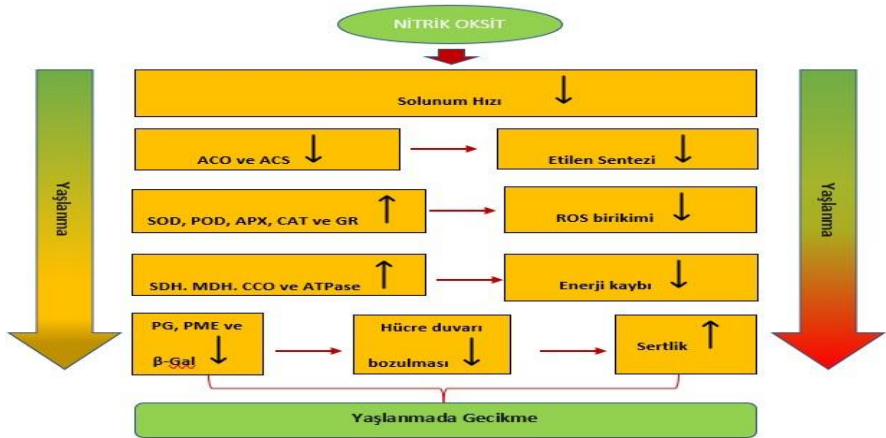
aşamalarında olgunlaşma ve yaşlanma sürecini düzenleyen temel sinyal hormonları olarak kabul edilir.

NO' nun olgunlaşma fizyolojisi üzerine etkileri hakkında bazı eksik bilgilere rağmen, derim sonrası bir işlem olarak NO uygulamanın çeşitli taze meyve ve sebzelerin derim sonrası ömrünü etkili bir şekilde uzatmaya yardımcı olabileceği artık yaygın olarak kabul edilmektedir (Palma ve ark., 2019). Etilen ile NO' nun, olgunlaşma ve yaşlanma sırasında antagonistik etkilere sahip olduğu öne sürülmüştür (Zaharah ve Singh, 2011; Gao ve ark., 2012; Manjunatha ve ark., 2012). Bahçe bitkileri ürünlerinde olgunlaşma sürecine genellikle NO seviyesinde bir azalma ve etilende bir artış olduğu tespit edilmiştir (Zhu ve ark., 2006; Li ve ark., 2022). Araştırmalar, olgun ve olgunlaşmamış meyve aşamalarında NO konsantrasyonları arasındaki farkın en çok avokadoda gözlemlendiği, muzda olgunlaşmamış dokuların ise olgun meyvelere kıyasla yaklaşık 4–10 kat daha yüksek NO içerdiği tespit edilmiştir (Leshem ve Wills, 1998).

NO, etilen biyosentezi, solunum metabolizması, hücre duvarı metabolizması, reaktif oksijen türleri (ROS) metabolizması ve enerji metabolizması (Şekil 1) dahil olmak üzere çeşitli metabolizma yollarını düzenleyerek derim sonrası yaşlanmayı geciktirdiği ve bir dizi yaşlanmayı yönlendiren genlerin NO tarafından düzenlendiği bildirilmiştir (Zhu ve ark., 2022). Cheng ve ark. (2009) NO ile muamele edilmiş meyvelerde azalan etilen üretiminin, NO' nun ACC oksidaz (ACO) enzimlerinin ve MA-ACO1 genlerinin aktivitelerini azaltma etkisine bağlamıştır. Elma, muz, şeftali ve mango gibi klimakterik

meyvelere derim sonrası NO fümigasyonu uygulaması, depolama ömrünü uzatmanın yanı sıra etilen biyosentezini azaltmış ve meyve yumuşamasını geciktirmiştir (Wang ve ark., 2008; Cheng ve ark., 2009; Sun ve ark., 2011). Ayrıca NO fümigasyonu, soğuk depolamayı takiben olgunlaşma sırasında çeşitli meyvelerde solunum klimakteriğini önemli ölçüde engellemiştir (Leshem, 2000).

Zaharah ve Singh, (2011), NO fümigasyonun, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat sentaz (ACS) ve ACO aktivitelerini kısıtlayarak mango meyvelerinde etilen biyosentezini inhibe ettiğini ve soğuk depolama sırasında ACC içeriğinin azalmasına yol açtığını bildirmiştir. NO'nun derim sonrası mango meyvelerindeki rollerini daha fazla doğrulamak için Barman ve ark. (2014), sodium nitroprusside (SNP) çözeltisine daldırma ile mango meyvelerindeki etilen üretim oranının, kontrol meyvelerine kıyasla %17-270 oranında azaldığını bulmuşlardır.



Şekil 1: Derim sonrası yaşlanma sırasında NO tarafından düzenlenen metabolizma yolları. ACO, 1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit oksidaz; ACS, 1-

aminosiklopropan-1-karboksilik asit sentaz; APX, askorbat peroksidaz; CAT, katalaz; CCO, sitokrom oksidaz; ETH, Etilen; GR, glutatyon redüktaz; MDH, malik asit dehidrojenaz; NO, nitrik oksit; PG, poligalakturonaz; PME, pektinmetilesteraz; POD, peroksidaz; ROS, reaktif oksijen türleri; SDH, süksinik dehidrojenaz; SOD, süperoksit dismutaz; b-Gal, b-galaktosidaz. (Zhu ve ark., 2022)

Derim sonrası meyvelerin yumuşaması ve yaşlanmasına genellikle ROS oluşumu eşlik eder. Antioksidanların, bir dizi substratın oksidasyonu ile önemli ölçüde mücadele ettiği ve serbest radikallerle reaksiyona girip oksidasyon süreçlerini önleyerek farklı biyomolekülleri zararlı ROS' un etkilerinden koruduğu tespit edilmiştir (Jing ve ark., 2016). Araştırmalar, NO' nun ROS seviyelerini düşürerek ve antioksidan aktiviteleri artırarak derim sonrası yaşlanmayı geciktirebileceğini göstermiştir. NO fümigasyonu ROS, O₂ ve hidrojen peroksit (H₂O₂) içeriğini azaltmakta ancak süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon redüktaz (GR) ve katalaz (CAT) gen ekspresyonunu ve enzim aktivitesini artırmaktadır (Şekil 1). ROS birikimi ve membranların lipid peroksidasyonu, sofralık üzümün kabuğunda ve posasında APX, SOD, POD, CAT ve GR aktivitelerinin indüklenmesi yoluyla NO tarafından baskılandığı bildirilmiştir (Zheng ve ark., 2019). Bu nedenle de NO' nun, ROS birikimini azaltarak derim sonrası bahçe bitkilerinde yaşlanmayı geciktiren antioksidan sistemini geliştirebildiği ifade edilmiştir (Zhu ve ark., 2022). Kiviye SNP (0.2 mM) uygulamasının toplam fenol, toplam flavonoidler ve askorbik asit içeriğini önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir (Zheng ve ark., 2017). Ma ve ark. (2019), NO gaz fümigasyonu (10 µL L⁻¹) işleminin, derim sonrası şeftalide ASA ve glutatyon içeriğindeki artışların ROS düzeylerinde azalmaya

neden olduğunu gözlemlemiştir. Sahu ve ark. (2020), 1.0 mM SNP ile muamele edilen guava meyvelerinde askorbik asit, fenoller, flavonoidler, antioksidan kapasite ve radikal süpürme aktivitesi kaybının minimum seviyede gerçekleştiğini bildirmiştir. Ayrıca Rodríguez-Ruiz ve ark. (2017), NO gazının biberde askorbat sentezinin son aşamasını ve buna karşılık gelen gen ekspresyonunu katalize eden mitokondrial L-galaktono-1,4-lakton dehidrojenaz aktivitesini arttırdığını gözlemlemiştir. NO vitaminler ve antioksidanlar da dahil olmak üzere meyve ve sebzelerin beslenme kalitesini iyileştirmek için bu yönleriyle de dikkate alınmalıdır.

Meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak için NO gazı doğrudan kullanılabilir. Ancak NO gazının yarı ömrü kısadır ve oksijen varlığında zehirli bir gaz olan nitrojen dioksite (NO_2) dönüşebilmektedir (Soegiarto ve ark., 2004). NO_2 , meyve ve sebzelerin kalitesini düşürebilir, marulda ölü yaprak dokusu lekelerine, brokoli üzerinde gri veya kahverengimsi lekeler, elma ve armutlarda koyu lekeler ve portakal ve şeftalide renk solmasına neden olmuştur (Yang ve Liu, 2017). Bu nedenle NO gazı kullanılırken sızdırmaz kaplarda oksijensiz bir atmosferde fümigasyon uygulanması gerekmektedir. Optimum etkili NO konsantrasyonlarının ve fümigasyon süresinin farklı ürünler arasında değiştiği bilinmektedir. Bu nedenle, NO' nun oksijensiz bir atmosferde uygulanması ihtiyacı, fümigasyon işleminin tasarımında ve işletilmesinde bazı yenilikler gerektirdiği bildirilmektedir (Leshem ve ark., 2000).

Bunun yanında NO kaynağı oluşturan SNP ve diethylenetriamine-nitrik oksit (DETANO) bileşiklerinin sprey veya daldırma şeklinde uygulamaları da kullanılmaktadır. Bu bileşikler, suda yüksek çözünürlüğü, kimyasal kararlılığı ve sentez kolaylığı nedeniyle araştırmacılar arasında ilgi görmüştür. Ancak SNP hem ucuz hem de kolayca elde edilebilirliği nedeniyle uygulamalarda daha çok yer almıştır.

Bazı bahçe bitkileri ürünlerinde derim sonrası NO uygulamalarına ilişkin bilgiler Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1: Bahçe Bitkileri Ürünlerinde Derim Sonrası NO Uygulamaları

Tür	Uygulama Şekli ve Dozu	Etkiler	Kaynaklar
Elma	10 $\mu\text{L L}^{-1}$ NO fumigasyon	Daha yüksek titre edilebilir asitlik (TEA) ve suda çözünür kuru madde (SÇKM), bastırılmış solunum hızı	Wang ve ark. (2008)
	1 mM SNP daldırma	Solunum hızında azalma, daha yüksek sertlik, SÇKM, TEA ve askorbik asit içerikleri	Chen ve ark. (2019)
Armut	100 mL^{-1} SNP daldırma	Hücre duvarı ve etilen sentetaz ile ilgili genlerin transkript seviyelerinde azalma	Liu ve ark. (2019)
	20 $\mu\text{L L}^{-1}$ NO fumigasyon	Meyve sertliğini koruma, SÇKM, antioksidan ve klorofil içeriğinde artma, solunum ve etilen salınımında azalma	Zheng ve ark. (2023)
Muz	60 μL^{-1} NO fumigasyon	Elektrolit sızıntısında ve malondialdehit içeriğinde azalma	Wang ve ark. (2015)
	60 μL^{-1} NO fumigasyon	Üşüme zararı ve elektrolit sızıntı azalması, MDA, O_2 ve H_2O_2 içeriklerinde azalma, SOD, POD, APX ve CAT aktivitelerinde artış	Bin ve ark. (2014)
Üzüm	300 μL^{-1} NO fumigasyon	Antioksidan enzimlerin aktivitelerinde artış; depolama sırasında ROS birikimini ve membran lipid peroksidasyonunu yavaşlatma	Zheng ve ark. (2019)

Çilek	5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ SNP daldırma	Etilen üretimi, solunum hızı ve ACC sentez aktivitesinde azalma	Zhu ve Zhou (2007)
	NO fumigasyon	Raf ömrünün %50 uzaması, daha az küf oluşumu, geç yumuşama ve renk değişiklikleri	Wills ve ark. (2000)
Domates	1 mM L^{-1} SNP daldırma	Meyvede gecikmiş perikarp kızarması ve bastırılmış etilen üretimi	Lai ve ark. (2011)
	200 $\mu\text{l. L}^{-1}$ NO fumigasyon	Meyve olgunlaşmasında gecikme	Eum ve ark. (2009)
Kiraz domates	2 mM SNP daldırma	Hastalık insidansı ve lezyon alanında azalma	Zheng ve ark. (2014)
Hünnap	20 $\mu\text{L L}^{-1}$ NO fumigasyon	PPO ve PAL aktivitelerinin inhibisyonu, toplam fenolik bileşik ve C vitamininin azalmasını geciktirme	Zhu ve ark. (2009)
	20 $\mu\text{L L}^{-1}$ NO fumigasyon	Daha yüksek sertlik korunması, PG, PME, β -Gal aktivitelerinde azalma	Zhao ve ark. (2020)
Şeftali	15 mol L^{-1} SNP daldırma	<i>M. fructicola</i> 'nın neden olduğu derim sonrası şeftali kahverengi çürümesini engelleme	Shi ve ark. (2015)
	15 mol L^{-1} SNP daldırma	Üşüme zararına karşı koruma sağlamak için sfingolipid metabolitlerinin artan içeriklerini teşvik etmek	Huang ve ark. (2020)
Pitaya	0.1 mM SNP daldırma	Depolama sırasında patojenle aşılansız pitaya meyvesinde lezyon genişlemesini engelleme ve doğal hastalık insidansını azaltma	Hu ve ark. (2019)
Litchi	2.0 mM SNP daldırma	Azaltılmış perikarp esmerleşmesi ve ağırlık kaybı; artan toplam fenolikler ve antioksidan kapasite	Barman ve ark. (2014)
Kivi	0.2 mM SNP daldırma	Fenilalanin PAL, POD aktivitelerini artırma; toplam fenolikler, flavonoidler ve lignin seviyesinde yükselme	Zheng ve ark. (2017)
Hıyar	25 $\mu\text{l L}^{-1}$ NO fumigasyon	Üşüme zararını hafifletme, gecikmiş lipid peroksidasyonu, artırılmış SOD, CAT, APX ve POD faaliyetleri	Yang ve ark. (2011)
Erik	10 $\mu\text{L L}^{-1}$ NO fumigasyon	Solunum hızı ve etilen üretiminde azalma, üşüme zararını hafifletme	Singh ve ark. (2009)
Mantar	10, 20 ve 30 $\mu\text{L L}^{-1}$ NO fumigasyon	Fenolik bileşik ve flavonoid miktarında artış, PAL ve chalcone sentezinde artış	Dong ve ark. (2012)

	1 mM DETANO daldırma	Gecikmeli şapka açma ve kızarma, sertlik korunması, daha az serbest radikal birikimi, PPO aktivite engelleme	Jiang ve ark. (2011)
Mango	100 µM SNP daldırma	Etilen biyosentezinin baskılanması ve kalitenin korunması	Hong ve ark. (2014)
	20 µl L ⁻¹ NO fumigasyon	ACS ve ACO' nun aşağı regülasyonu yoluyla etilen biyosentezini engelleme	Zaharah ve Singh (2011)
Biber	5 ppm NO fumigasyon	ROS türleri metabolizmasını düzenleyerek meyve olgunlaşmasını düzenleme	Gonzalez-Gordo ve ark. (2019)
Marul	%0.5 NO fumigasyon	Patojen saldırılarına karşı artan direnç mekanizması	Yang ve Liu, (2019)
Nar	300 µM NO fumigasyon	Üşüme zararında azalma ve meyve kalite korunumu	Ranjbari ve ark. (2018)
Portakal	SNP (0,30, 50,100 µmol L ⁻¹) daldırması	<i>Colletotrichum gloeosporioides'</i> e karşı artan meyve direnci	(Zhou ve ark. 2016)
	0.25 ve 0.5 mM SNP daldırma	Lipid peroksidasyonun ve hidrojen peroksit içeriğinin azaltılması	Ghorbani ve ark. (2018)
Papaya	60 mL L ⁻¹ NO fumigasyon	Meyve raf ömrünü uzatmak için çözünür şeker içeriğindeki değişiklikleri geciktirme, sükröz ve fruktoz seviyelerinde önemli düşüşler	Li ve ark. (2014)
Yaban mersini	1 mM GSNO sprej	Daha yüksek meyve eti sertliği ve askorbik asit değeri	Grozeff ve ark. (2017)
Kavun	60 µL L ⁻¹ NO fümigasyonu	<i>Alternaria alternata'</i> ya karşı direnç kazanma	Yan ve ark. (2019)
Kırmızı ahududu	5, 15 ve 30 µmol L ⁻¹ NO daldırma	Solunum hızı, etilen üretimi ve ağırlık kaybında azalma	Shi ve ark. (2019)
Kızılcık	0.5 mM SNP daldırma	Azalan esmerleşme indeksi, fenollerin, flavonoidlerin ve antosiyaninlerin içeriğini artırma ve PAL aktivitesini artış, daha yüksek meyve sertliği	Aghdam, ve ark. (2019)
Guava	1 mM SNP daldırma	Ağırlık ve çürüme kaybında azalma; klorofil, askorbik asit, fenolikler ve flavonoidlerin bozunmasında gecikme	Sahu ve ark. (2020)

GSNO: S-Nitrosoglutathione, MDA: Malondialdehyde, PAL: Phenylalanine ammonia-lyase, PPO: Polyphenol oxidase

Son yıllar derim sonrası meyve ve sebzelerin kalitesini artırmak için dışsal NO uygulamasına odaklanan araştırmaların giderek artmakta olduğu Tablo 1’de görülmektedir. Bazı çalışmalar NO ile fümigasyona tabi tutulan şeftali ve guava meyvelerinde, soğuk depolama sırasında renk, SÇKM, TEA ve SÇKM/TEA oranlarında değişikliklerin daha yavaş gerçekleştiğini göstermiştir (Tareen ve ark., 2017; Sahu ve ark., 2020). Dışsal NO uygulaması, klorofili etkili bir şekilde korumuş ve sivri su kabaklarının uğradığı sarı renk gelişimini bastırmıştır (Siddiqui ve ark., 2021). NO uygulaması depolama sırasında kış hünnaplarında SÇKM içeriğindeki artışı ve TEA içeriğindeki düşüşü önemli ölçüde geciktirmiştir (Zhao ve ark., 2020). NO fümigasyonu, 0°C’de muhafaza sürecinde fruktoz, glukoz, sukroz, sorbitol, TEA içeriği ve kabuk rengindeki değişiklikleri kısıtlamada etkili olmuştur (Zaharah ve ark., 2011). Litchi depolaması boyunca NO uygulaması, meyvelerde SÇKM, TEA ve askorbik asit içeriğinin kaybını etkili bir şekilde geciktirmiştir (Barman ve ark. 2014). NO uygulaması, 20°C’de depolama sırasında narenciye meyvelerinde askorbik asit ve TEA içeriklerini iyileştirebilmiş ve toplam SÇKM içeriklerindeki artışı geciktirebilmiştir (Zhou ve ark., 2016). NO’ nun, soğuk depolama sırasında C ve E vitaminlerinin içeriğini düşüşünü engelleyerek kivi meyvelerini oksidatif hasara karşı koruduğu bildirilmiştir (Zhu ve ark., 2008). Ayrıca NO fümigasyonu, erik ve domates dahil olmak üzere çeşitli klimakterik meyvelerin olgunlaşması ve depolanması sırasında meyve kabuğu renk değerlerindeki değişiklikleri önemli ölçüde geciktirmiştir (Singh ve ark., 2009; Eum ve ark., 2009). Patojenik mikroorganizmaların enfeksiyonu, derim sonrası meyve ve sebzelerin

kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. NO uygulamalarının, savunma ile ilgili enzimlerin aktivasyonuna aracılık ederek mantar önleyici bileşiklerin birikmesi (flavonoidler, fenolikler, lignin vb.) ve depolanmanın erken aşamasında H₂O₂ birikiminin uyarılması sonucunda domates, şeftali, pitaya, mango, kavun gibi meyve ve sebzelerin hastalık direncini artırabileceği bildirilmiştir (Hu ve ark., 2014; Zheng ve ark., 2014; Shi ve ark., 2015; Li ve ark., 2022). Lai ve ark. (2011) ise meyve olgunlaşması ile ilgili genler olan LeACS2, LeACS4, LeACO1, LePG, LePhy1 ve LePM' nin ekspresyon seviyelerinin, NO uygulamasıyla düzenlendiğini ve bunun da *Botrytis cinerea*' nın neden olduğu gri küf çürümesine karşı domates meyvelerinin direncinde bir artışa yol açtığını tespit etmiştir. Hu ve ark. (2019), NO uygulamasının pitaya meyvelerinde patojen direncini ve savunma enzimlerinin aktivitelerini arttırdığını bulmuştur. Yang ve Liu (2019), NO fümigasyonunun *N. ribisnigri* ve *F. occidentalis*' e karşı etkili olduğunu ve ticari olarak paketlenmiş marulların büyük ölçekli fümigasyonlarında marul kalitesi için güvenli bir yöntem olduğunu ifade etmiştir. Bu bağlamda derim sonrası NO uygulaması, çeşitli bahçe bitkilerinin derim sonrası depolanması sırasında mikrobiyal büyümeyi engellemede ve metil bromür gibi toksik fumigantlara alternatif olabilme hususunda iyi bir potansiyele sahiptir. Üşüme zararı, meyve ve sebze ürünlerinin kalitesini ve ticari değerini ciddi şekilde etkilemektedir. NO uygulamasının, bitkilerde aşırı ROS tüketerek ve oksidatif hasarı hafifleterek meyve ve sebzelerin üşüme hasarını azaltabileceğini gösteren birçok çalışma bildirilmiştir (Yang ve ark., 2011; Bin ve ark., 2014; Ranjbari ve ark., 2018; Huang ve ark., 2020).

Yenidünya meyvesinde yapılan çalışmalar, düşük sıcaklığın içsel NO oluşumunu indükleyebileceğini ve bu soğuk kaynaklı içsel NO oluşumunun, antioksidatif savunma sistemlerini etkileyerek üşüme zararı semptomlarını hafifletmede kritik bir rol oynadığını göstermiştir (Xu ve ark., 2012). Barman ve ark. (2014), mango meyvelerinde yaptıkları çalışmada NO uygulamasının üşüme zararını 1.5–1.7 kat azalttığını belirtmişlerdir.

SONUÇ

NO, meyve ve sebzelerde olgunlaşmayı veya yaşlanmayı geciktirmesi, üşüme hasarını hafifletmesi, derim sonrası hastalıkların kontrolü ve esmerleşmeyi engellemesi ile ilgili olarak derim sonrası süreçlerdeki etkileri oldukça önemlidir. Bu etkiler, NO' nun etilen sentezini inhibe etme, antioksidan enzim aktivitesini artırma, antimikrobiyal enzimleri aktive etme, antimikrobiyal maddelerin birikimini artırma ve membran bütünlüğünü koruma yeteneği ile ilgilidir. Ancak derim sonrası meyve ve sebze alanında son yıllarda NO kapsamlı bir şekilde çalışılmış olmasına rağmen, bitkilerde NO sentezi ve metabolizması, sinyal iletimi ve meyve hasadı sırasında moleküler etki mekanizmalarının anlaşılması hala yetersizdir. NO ve diğer moleküller arasında karmaşık etkileşimler gözlemlenmiş olsa da bu sinyal moleküllerinin NO biyosentez metabolizmasını nasıl etkilediğini ve NO'nun diğer moleküllerin metabolizmasını nasıl düzenlediğini belirlemek için ek araştırmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca NO uygulamasının kaliteyi korumadaki etkinliği, uygulanan NO' nun meyve ve sebze türlerine, konsantrasyonuna ve formuna (sıvı veya gaz

halinde) bağlıdır. Bahçe bitkilerinde NO'nun istenen faydalı etkilerini görebilmek için farklı derim sonrası ortamlar için uyarlanmış NO uygulama yöntemlerini ve ürünü daha fazla geliştirmeye ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aghdam, M., Kakavand, F., Rabiei, V., Zaare-nahandi, F., & Razavi, F. (2019). γ -Aminobutyric acid and nitric oxide treatments preserve sensory and nutritional quality of cornelian cherry fruits during postharvest cold storage by delaying softening and enhancing phenols accumulation. *Scientia Horticulturae*, 246: 812–817.
- Anderson, L.S., & Mansfield, T.A. (1979). The effects of nitric oxide pollution on the growth of tomato. *Environmental Pollution*, 20: 113-121.
- Barman, K., Asrey, R., Pal, R.K., Jha, S.K., & Bhatia, K. (2014). Post-harvest nitric oxide treatment reduces chilling injury and enhances the shelf-life of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low-temperature storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89: 253-260.
- Bin, W., Qin, G., Qingpeng, L., Ha, Y., Li, X., & Chen, W. (2014). Impact of postharvest nitric oxide treatment on antioxidant enzymes and related genes in banana fruit in response to chilling tolerance. *Postharvest Biology and Technology*, 92: 157-163.
- Bright, J., Desikan, R., Hancock, J.T., Weir, I., & Neill, S.J. (2006). ABA-induced NO generation and stomatal closure in *Arabidopsis* are dependent on H₂O₂ synthesis. *The Plant Journal for Cell and Molecular Biology*, 45(1): 113-122.
- Chen, Y., Ge, Y., Zhao, J., Wei, M., Li, C., Hou, J., Cheng, Y., & Chen, J. (2019). Postharvest sodium nitroprusside treatment maintains storage quality of apple fruit by regulating sucrose metabolism. *Postharvest Biology and Technology*, 154: 115-120.
- Cheng, G., Yang, E., Lu, W., Jia, Y., Jiang, Y., & Duan, X. (2009). Effect of nitric oxide on ethylene synthesis and softening of banana fruit slice during ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(13): 5799-5804.
- Cooney, R.V., Harwood, P.J., Custer, L.J., & Franke, A.A. (1994). Light mediated conversion of nitrogen dioxide to nitric oxide by carotenoids. *Environ Health Perspect*, 102(5): 460-462.

- Corpas, F.J., González-Gordo, S., & Palma, J.M. (2020). Nitric oxide: A radical molecule with potential biotechnological applications in fruit ripening. *Journal of Biotechnology*, 324: 211–219.
- Domingos, P., Prado, A.M., Wong, A., Gehring, C., & Feijó, J.A. (2015). Nitric oxide: a multitasked signaling gas in plants. *Molecular Plant*, 8(4): 506-520.
- Dong, J., Zhang, M., Lu, L., Sun, L., & Xu, M. (2012). Nitric oxide fumigation stimulates flavonoid and phenolic accumulation and enhances antioxidant activity of mushroom. *Food Chemistry*, 135(3): 1220-1225.
- Eum, H.L., Kim, H.B., Choi, S., & Lee, S.K. (2009). Regulation of ethylene biosynthesis by nitric oxide in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit harvested at different ripening stages. *European Food Research and Technology*, 228: 331-338.
- Feldman, P.L., Griffith, O.W., & Stuehr, D.J. (1993). The surprising life of nitric oxide. *Chemical & Engineering News*, 71: 26-38.
- Gao, C.C., Yao, T.T., Jie, Z., & Zhu, S.H. (2012). Optimization of recombination proteins of ethylene receptor ETR1 from “Feicheng” peach fruit and effect of nitric oxide on expression of ETR1. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 27: 43-47.
- García-Mata, C., & Lamattina, L. (2001). Nitric oxide induces stomatal closure and enhances the adaptive plant responses against drought stress. *Plant Physiology*, 126(3): 1196-1204.
- Ghorbani, B., Pakkish, Z., & Khezri, M., (2018). Nitric oxide increases antioxidant enzyme activity and reduces chilling injury in orange fruit during storage. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 46: 101-116.
- Gonzalez-Gordo, S., Bautista, R., Claros, M.G., Cañas, A., Palma, J.M., Corpas, F.J., & Foyer, C. (2019). Nitric oxide-dependent regulation of sweet pepper fruit ripening. *Journal of Experimental Botany*, 70: 4557–4570.
- Grozeff, G.E., Alegre, M.L., Senn, M.E., Chaves, A.R., Simontacchi, M., & Bartoli, C.G. (2017). Combination of nitric oxide and 1-MCP on postharvest life of the blueberry (*Vaccinium* spp.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 133: 72-80.

- Gupta, K.J., Fernie, A.R., Kaiser, W. & Dongen, J.T. (2011). On the origins of nitric oxide. *Trends in Plant Science*, 16(3): 160-168.
- Henry, Y.A., Ducastel, B., & Guissani, A. (1997). Basic chemistry of nitric oxide and related nitrogen oxides. In *Nitric Oxide Research from Chemistry to Biology*, Henry, Y.A., Guissani, A., and Ducastel, B., Eds. Landes Company, Austin, pp. 15-46.
- Hong, K., Gong, D., Xu, H., Wang, S., Jia, Z., Chen, J., & Zhang, L., (2014). Effects of salicylic acid and nitric oxide pretreatment on the expression of genes involved in the ethylene signaling pathway and the quality of postharvest mango fruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 42: 205-216.
- Hu, M., Yang, D., Huber, D.J., Jiang, Y., Li, M., Gao, Z., & Zhang, Z. (2014). Reduction of postharvest anthracnose and enhancement of disease resistance in ripening mango fruit by nitric oxide treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 97: 115-122.
- Hu, M., Zhu, Y., Liu, G., Gao, Z., Li, M., Su, Z., & Zhang, Z., (2019). Inhibition on anthracnose and induction of defense response by nitric oxide in pitaya fruit. *Scientia Horticulturae*, 245, 224-230.
- Huang, D., Tian, W., Feng, J., & Zhu, S., (2020). Interaction between nitric oxide and storage temperature on sphingolipid metabolism of postharvest peach fruit. *Plant Physiology and Biochemistry*, 151: 60–68.
- Jiang, T., Zheng, X., Li, J., Jing, G., Cai, L., & Ying, T. (2011). Integrated application of nitric oxide and modified atmosphere packaging to improve quality retention of button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Food Chemistry*, 126(4), 1693-1699.
- Jing, G., Zhou, J., & Zhu, S. (2016). Effects of nitric oxide on mitochondrial oxidative defence in postharvest peach fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(6): 1997-2003.
- Klepper, L.A. (1979). Nitric oxide (NO) and nitrogen dioxide (NO₂) emissions from herbicide-treated soybean plants. *Atmospheric Environment*, 13: 537-542.

- Kolbert Z., Barroso J.B., Brouquisse R., Corpas F.J., Gupta K.J., Lindermayr C., Loake G.J., Palma J.M., Petřivalský M., & Wendehenne D. (2019). A forty-year journey: The generation and roles of NO in plants. *Nitric Oxide: Biology and Chemistry*, 93: 53-70.
- Koshland D.E. (1992). The molecule of the year. *Science*, 258: 1861.
- Lai, T., Wang, Y., Li, B., Qin, G., & Tian, S. (2011). Defense responses of tomato fruit to exogenous nitric oxide during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 62: 127-132.
- Leshem, Y.Y., & Haramaty, E. (1996). The characterization and contrasting effects of the nitric oxide free radical in vegetative stress and senescence of *Pisum sativum* Linn. foliage. *Journal of Plant Physiology*, 148: 258-263.
- Leshem, Y.Y. & Wills, R. (1998). Harnessing senescence delaying gases nitric oxide and nitrous oxide: A novel approach to postharvest control of fresh horticultural produce. *Biologia Plantarum*, 41: 1–10.
- Leshem, Y.Y. (2000). *Nitric oxide in Plants. Occurrence, Function and Use*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Leshem, Y.Y., Huang, J.S., Tzeng, D.S., & Chou, C.C. (2000). Nitric oxide gas as an endogenous regulator of fruit, vegetable and flower maturation and senescence. In: *Nitric Oxide in Plants: Occurrence, Function and Use*. Ledhem, Y.Y. ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 33–62.
- Li, X. ping, Wu, B., Guo, Q., Wang, J. de, Zhang, P., & Chen, W. (2014). Effects of nitric oxide on postharvest quality and soluble sugar content in papaya fruit during ripening. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38: 591–599.
- Li, C., Yu, W., & Liao, W. (2022). Role of nitric oxide in postharvest senescence of fruits. *International Journal of Molecular Sciences*, 23: 10046.
- Liu, J., Yang, J., Zhang, H., Cong, L., Zhai, R., Yang, C., Wang, Z., Ma, F., & Xu, L. (2019). Melatonin Inhibits Ethylene Synthesis via Nitric Oxide Regulation to Delay Postharvest Senescence in Pears. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(8): 2279-2288.

- Ma, Y., Huang, D., Chen, C., Zhu, S., & Gao, J. (2019). Regulation of ascorbate-glutathione cycle in peaches via nitric oxide treatment during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 247: 400-406.
- Manjunatha, G., Gupta, K.J., Lokesh, V., Mur, L.A., & Neelwarne, B. (2012). Nitric oxide counters ethylene effects on ripening fruits. *Plant Signaling & Behavior*, 7: 476-483.
- Mur, L.A., Simpson, C., Kumari, A., Gupta, A.K., & Gupta, K.J. (2016). Moving nitrogen to the centre of plant defence against pathogens. *Annals of Botany*, 119: 703-709.
- Palma, J.M., Freschi, L., Rodríguez-Ruiz, M., Gonz'alez-Gordo, S., Corpas, F.J., & Brouquisse, R., (2019). Nitric oxide in the physiology and quality of fleshy fruits. *Journal of Experimental Botany*, 70: 4405–4417.
- Pols, S., Van de Poel, B., Hertog, M.L., & Nicolai, B.M. (2022). The regulatory role of nitric oxide and its significance for future postharvest applications. *Postharvest Biology and Technology*, 188: 111869.
- Ranjbari, F., Moradinezhad, F., & Khayyat, M., (2018). Effect of nitric oxide and film wrapping on quality maintenance and alleviation of chilling injury on pomegranate fruit. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20: 1025–1036.
- Rockel, P., Strube, F., Rockel, A., Wildt, J., & Kaiser, W. (2002). Regulation of nitric oxide (NO) production by plant nitrate reductase in vivo and in vitro. *Journal of Experimental Botany*, 53(366): 103-110.
- Rodríguez-Ruiz, M., Mioto, P., Palma, J.M., & Corpas, F.J. (2017). S-nitrosoglutathione reductase (GSNOR) activity is down-regulated during pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit ripening. *Nitric Oxide: Biology and Chemistry*, 68: 51-55.
- Sahu, S.K., Barman, K., & Singh, A.K. (2020). Nitric oxide application for postharvest quality retention of guava fruits. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42: 156.
- Shi, J., Liu, N., Gu, R., Zhu, L.Q., Zhang, C., Wang, Q., Lei, Z.H., Liu, Y., & Ren, J. (2015). Signals induced by exogenous nitric oxide and their role in controlling

- brown rot disease caused by *Monilinia fructicola* in postharvest peach fruit. *Journal of General Plant Pathology*, 81: 68-76.
- Shi, K., Liu, Z., Wang, J., Zhu, S., & Huang, D. (2019). Nitric oxide modulates sugar metabolism and maintains the quality of red raspberry during storage. *Scientia Horticulturae*, 256: 108611.
- Siddiqui, M.W., Homa, F., Lata, D., Ahmad, M.S., & Surabhi (2021). Exogenous Nitric Oxide Delays Ripening and Maintains Postharvest Quality of Pointed Gourd During Storage. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40: 2371-2378.
- Singh, S.P., Singh, Z., & Swinney, E.E. (2009). Postharvest nitric oxide fumigation delays fruit ripening and alleviates chilling injury during cold storage of Japanese plum (*Prunus salicina* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 53:101-108.
- Soegiarto, L. & Wills, R.B.H. (2004). Short term fumigation with nitric oxide gas in air to extend the postharvest life of broccoli, green bean, and bok choy. *HortTechnology*, 14: 538-540.
- Stohr, C. & Ullrich, W.K. (2002). Generation and possible roles of NO in plant roots and their apoplastic space. *Journal of Experimental Botany*, 53: 2293-2303.
- Sun, Z., Li, Y., Zhou, J., & Zhu, S.H. (2011). Effects of exogenous nitric oxide on contents of soluble sugars and related enzyme activities in “Feicheng” peach fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91: 1795-1800.
- Tareen, M.J., Singh, Z., Khan, A.S., Abbasi, N.A., & Naveed, M.S. (2017). Combined Applications of Aminoethoxyvinylglycine with Salicylic Acid or Nitric Oxide Reduce Oxidative Stress in Peach During Ripening and Cold Storage. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36: 983-994.
- Wang, W.T., Ren, X.L., Ma, H.Y., Zhang, X.P., & Wang, X.H. (2008). Effects of nitric oxide on postharvest physiology of Fuji apple in storage. *Food Research and Development* 29: 130–133.
- Wang, Y., Luo, Z., Khan, Z.U., Mao, L., & Ying, T. (2015). Effect of nitric oxide on energy metabolism in postharvest banana fruit in response to chilling stress. *Postharvest Biology and Technology*, 108: 21-27.

- Wendehenne, D., Pugin, A., Klessig, D. F., & Durner, J. (2001). Nitric oxide: comparative synthesis and signaling in animal and plant cells. *Trends in Plant Science*, 6(4): 177–183.
- Wildt, J., Kley, D., Rockel, A., Rockel, P., & Segschneider, H.J. (1997). Emission of NO from several higher plant species. *Journal of Geophysical Research*, 102: 5919-5927.
- Wills, R.B.H., Ku, V.V.V., & Leshem, Y.Y., (2000). Fumigation with nitric oxide to extend the postharvest life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 18: 75-79.
- Xu, M., Dong, J., Zhang, M., Xu, X., & Sun, L. (2012). Cold-induced endogenous nitric oxide generation plays a role in chilling tolerance of loquat fruit during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 65: 5-12.
- Yang, H., Wu, F., & Cheng, J. (2011). Reduced chilling injury in cucumber by nitric oxide and the antioxidant response. *Food Chem.*, 127: 1237-1242.
- Yang, X., & Liu, Y.B. (2017) Residual analysis of nitric oxide fumigation on fresh fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 132: 105-108.
- Yang, X., & Liu, Y.B. (2019). Nitric oxide fumigation for postharvest pest control on lettuce. *Pest Management Science*, 75: 390-395.
- Yan, B., Zheng, Z., Zhang, P., Zhu, X., Jing, Y., Wei, J., & Wu, B. (2019). Nitric oxide enhances resistance against black spot disease in muskmelon and the possible mechanisms involved. *Scientia Horticulturae*, 256: 108650.
- Zaharah, S.S., & Singh, Z. (2011). Mode of action of nitric oxide in inhibiting ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening and cool storage of Kensington Pride mango. *Postharvest Biology and Technology*, 62: 258-266.
- Zhao, Y., Zhu, X., Hou, Y., Wang, X., & Li, X. (2020). Postharvest nitric oxide treatment delays the senescence of winter jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Dongzao) fruit during cold storage by regulating reactive oxygen species metabolism. *Scientia Horticulturae*, 261: 109009.
- Zheng, Y., Hong, H., Chen, L., Li, J., Sheng, J., & Shen, L. (2014). LeMAPK1, LeMAPK2, and LeMAPK3 are associated with nitric oxide-induced defense

- response against *Botrytis cinerea* in the *Lycopersicon esculentum* fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62(6): 1390-1396.
- Zheng, X., Hu, B., Song, L., Pan, J., & Liu, M. (2017). Changes in quality and defense resistance of kiwifruit in response to nitric oxide treatment during storage at room temperature. Scientia Horticulturae, 222: 187-192.
- Zheng, Z., Xu, J., Yan, C., Wei, J., & Wu, B. (2019). Nitric oxide treatment maintains postharvest quality of table grapes by mitigation of oxidative damage. Postharvest Biology and Technology, 152: 9-18.
- Zheng, S., Xu, R., Wei, J., Tian, J., He, Q., Zhang, F., Li, J., Wu, B., & Guan, J. (2023). Nitric oxide effects on postharvest and *Alternaria*-infected pear fruit. Postharvest Biology and Technology, 195: 112118.
- Zhou, Y., Li, S., & Zeng, K., (2016). Exogenous nitric oxide-induced postharvest disease resistance in citrus fruit to *Colletotrichum gloeosporioides*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96: 505-512.
- Zhu, S., Liu, M., & Zhou, J. (2006). Inhibition by nitric oxide of ethylene biosynthesis and lipoxygenase activity in peach fruit during storage. Postharvest Biology and Technology, 42: 41-48.
- Zhu, S., & Zhou, J. (2007). Effect of nitric oxide on ethylene production in strawberry fruit during storage. Food Chemistry, 100: 1517-1522.
- Zhu, S., Sun, L., Liu, M., & Zhou, J. (2008). Effect of nitric oxide on reactive oxygen species and antioxidant enzymes in kiwifruit during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88: 2324-2331.
- Zhu, S., Sun, L., & Zhou, J. (2009). Effects of nitric oxide fumigation on phenolic metabolism of postharvest Chinese winter jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Dongzao) in relation to fruit quality. Lwt - Food Science and Technology, 42: 1009-1014.
- Zhu, Y., Du, M., Jiang, X., Huang, M., & Zhao, J. (2022). Nitric Oxide Acts as an Inhibitor of Postharvest Senescence in Horticultural Products. International Journal of Molecular Sciences, 23: 11512.

BÖLÜM 3

NANOPARTİKÜLLERİN *ALLIUM* TÜRLERİNDE KULLANIM ALANLARI

Arş. Gör. Berna ERGUN ÇETİN^{1*}

Doç. Dr. Faika YARALI KARAKAN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8284924>

¹ Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kilis, Türkiye.
bernae.cetin@kilis.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6399-0916;
faikayarali@kilis.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-2176-8663

* Sorumlu yazar

GİRİŞ

Nanoteknoloji, nanopartikül (NP) ya da nanomateryal (NM) olarak bilinen, bilim ve teknoloji alanında farklı uygulamaları olan yeni bir araştırma alanıdır (Baranowska-Wójcik ve ark., 2020; Yin ve ark., 2020). Bu teknoloji sayesinde sıradan kimyasallar ve malzemeler nano boyutta tasarlanarak yeni ve benzersiz özellikler kazanmaktadır (Halıcı ve ark., 2021). Nanopartiküller, özellikle son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte endüstri, biyomedikal, sağlık ve tarım alanında önemli bir materyal haline gelmiştir (Saha ve Dutta, 2017; Singh ve ark., 2018; Yaqoob ve ark., 2020; Pandey, 2022). Nanopartiküllerin yüzey alanı, termal, elektronik, optik, iletkenlik gibi fizikokimyasal özellikleri makro ve mikro boyutlarına göre değişkenlik göstermektedir. ‘Nano’ kelimesi milyarda bir ya da 10^{-9} anlamına gelmekte (Akdemir, 2019) ve boyutu 1-100 nm arasında değişen partiküller veya atomik agregalar olarak tanımlanmaktadır (Kohl ve ark., 2020). Nanopartiküllerin boyutunun en fazla virüsler kadar olduğu, bakteri, kırmızı kan hücreleri, polen ve kum tanelerinin boyutlarından küçük olduğu bilinmektedir (Ismail ve ark., 2016). Bu özelliklerinden dolayı NP'ler hücre duvarından kolayca geçebilmektedir (Kashyap ve ark., 2015; Siddiqui ve ark., 2015). Nanopartiküller (NP'ler), sıradan formlarla karşılaştırıldıklarında sahip oldukları bu ultra ince boyutun yanı sıra, yüksek antimikrobiyal reaktivite, yüksek fotokatalitik aktivite, daha düşük erime noktası gibi benzersiz fizikokimyasal özellikler ile de ön plana çıkmaktadır (Sabir ve ark., 2014; Okan, 2020; Halıcı ve ark., 2021).

Hem pozitif hem de negatif morfolojik ve fizyolojik değişikliklere neden olan nanopartiküllerin bitkiler üzerinde oluşturduğu etki; nanopartikülün cinsine, boyutuna, yüzey kaplamasına, konsantrasyonuna, uygulanma şekline ve süresine, bitki genotipine, yaşına ve gelişme evresine bağlı olarak değişmektedir (Barrena ve ark., 2009; Siddiqui ve ark., 2015).

Artan nüfusun besin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tarımsal üretimde verimin arttırılması, buna bağlı olarak gıda güvenliğinin sağlanması ve bahçe bitkileri üretiminde yenilikçi teknolojilerin kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir (Nechitailo ve ark., 2018; Kızılırmak, 2022). Nitekim 2000' li yılların başında, pek çok ülkenin nanoteknolojiyi araştırma programlarına almasıyla birlikte nano dönem başlamıştır (Roco, 2003). Nanomalzeme temelli teknoloji, sınırlı gıda ve su kaynakları ile artan küresel zorlukları çözmek için her geçen gün daha da büyümektedir (Sabir ve ark., 2014; Wang ve ark., 2016).

Günümüzde nanoteknoloji, tarımsal ürün verimliliğini önemli ölçüde arttırmada potansiyel bir çözüm olarak görülmektedir. Bu doğrultuda nano-enkapsülasyon gübreler ve nanopartiküllerin uygulanması ile gübreler kontrollü şekilde salınabilmektedir. Yapılan araştırmalarda, nano-enkapsülasyon gübrelerin fide büyümesi, gelişimi, biyokütle ve tohum verimi üzerinde oldukça olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Nanopartiküllerin tarımsal üretimde verimi arttırmada ve çevre sorunlarının çözümünde potansiyel kullanım alanı bulmaları, yüzeylerindeki reaktif alanların yoğunluğunun yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Işıldak, 2022). Nanopartiküller antifungal ve

antiviral özellik göstermekte ve bu özellikleri sayesinde tarımda gübre, pestisit ve bitki büyümesini düzenleyici olarak da kullanılmaktadır (Ghidan ve ark., 2017; Sarı, 2019). Yapılan araştırmalarda, toplam nano ürün üretiminin yaklaşık %9' unun nanopestisit, nanoherbisit ve nanogübre olarak tarımda kullanılabilceği bildirilmiştir (White ve Gardea-Torresdey, 2018; Wang ve ark., 2020). Nanogübreler makro besinler ve/veya tuzlar gibi mikro elementler içeren geleneksel mineral gübrelerden daha etkili olmalarının yanı sıra çevresel olarak da daha güvenlidir. Nanogübreler yüksek besin biyoyararlılığına sahip, yavaş ve uzun süreli etki eden, çevreye kontrollü salınan gübrelerdir (DeRosa ve ark., 2010; Singh, 2017). Au, Cu, Fe, Si, SiO₂ ve ZnO gibi NP' ler, tohumun çimlenme kapasitesi ve hızında; bitkinin kök ve sürgün gelişiminde, verim, solunum, terleme, fotosentez, klorofil içeriği gibi fizyolojik süreçlerde olumlu veya olumsuz değişikliklere neden olmaktadır (Lin ve Xing, 2007; Yin ve ark., 2012; Sanzari ve ark., 2019).

Bitki biyoteknolojisinde kullanılan nanopartiküller, üretici hücre kültürlerinde biyolojik olarak aktif maddelerin sentezini düzenlemede (Kopach ve ark., 2013; Javed ve ark., 2017); biyobelirteç olarak bakteri, virüs ve mantarların saptanmasında (Wang ve ark., 2017); DNA' nın hücrelere taşınmasında (Zarei ve ark., 2019), nanosensör olarak pestisitlerin tespitinde (Yan ve ark., 2018), bitki bünyesinde besin maddelerinin ve pestisitlerin taşınmasında kullanılmalarının yanı sıra, bitki büyüme ve gelişimini teşvik etmek, abiyotik ve biyotik strese karşı bitki direncini arttırmak amacıyla biyosensör olarak da

kullanılmaktadır (León-Silva ve ark., 2018; Zhao ve ark., 2020). Nitekim yapılan araştırmalarda Ag NP uygulamalarının soğan ve sarımsakta baş gelişimine olumlu etkisinin olduğu bu nedenle nanogübre olarak kullanılabilceği ve beyaz çürüklük hastalığına karşı da nanofungisit olarak değerlendirilebileceği tespit edilmiştir (Jasim ve Abd-Ali, 2020).

1. *ALLIUM* TÜRLERİNDE KULLANILAN BAZI NANOPARTİKÜLLER

Dünyada sebze üretiminde oldukça önemli bir yer tutan *Allium* türleri, ülkemiz için de ticari önem taşımaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ülkemizde toplam 31.748.214 ton sebze üretimi yapılmakta olup, *Allium* türlerinin toplam sebze üretimi içindeki payı 3.018.448 ton ile %9.5' dir. Bu türler arasında soğan (*Allium cepa* L.) 769.669 da alan ve toplam 2.626.185 ton üretim ile ilk sırada yer alırken, sarımsak (*Allium sativum* L.) 179.071 ton ile ikinci sırada, pırasa (*Allium porrum* L.) ise 213.192 ton' luk üretim değeriyle üçüncü sırada yer almaktadır (TÜİK, 2022).

Farklı kullanım alanı bulunan nanomateryaller karbon bazlı, metal bazlı, dendrimerler ve kompozitler olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır (Yu-Nam ve Lead, 2008). Dünya çapında en çok üretilen ve kullanım alanı bulan nanopartiküller arasında çinko, altın, gümüş ve bakır nanopartikülleri yer almaktadır (Khot ve ark., 2012).

1.1. Çinko Oksit Nanopartikülleri (ZnO NP)

Beyaz, toz halinde görünen inorganik bir bileşiktir ve hem kimyasal yöntemlerle (çökeltme, buhar taşıma ve hidrotermal) hem de farklı bitki özleri kullanılarak biyolojik yöntemlerle sentezlenebilmektedir (Sabir ve ark., 2014; Ali ve ark., 2018). Metalik çinko, çok çeşitli enzimatik ve fizyolojik süreçlerde yer alan bitki büyüme ve gelişmesinde rol alan temel bir mikro besindir (Misra ve ark., 2005). Çinko; karbonhidrat metabolizmasında, protein ve nükleik asit sentezinde (Hänsch ve Mendel, 2009), hücre bölünmesinde (Li ve ark., 2017), oksin ve gibberellin biyosentezinde görev almasının yanı sıra; abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı da aktif rol oynamaktadır (Cakmak, 2000; Sedghi ve ark., 2013; Eisevand ve ark., 2018). Bitki büyüme ve gelişmesini uyaran ZnO NP' lerinin etkileri nanopartikül boyutuna, uygulama dozuna ve genotipe bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Siddiqui ve ark., 2015). Düşük konsantrasyonlarda uygulanan ZnO NP' leri hücre bölünmesini, tohum çimlenmesini ve fide büyümesini artırırken; daha yüksek konsantrasyonlarda mitotik indekste ve tohum çimlenme oranında azalma ile kromozomal anomalilerinin artmasına neden olmaktadır (Raskar ve Laware, 2014; Hou ve ark., 2018).

Yapılan araştırmalarda, ZnO NP' lerin antifungal ve antibakteriyel etki gösterdiği, bu nedenle çeşitli bitki patojenlerinin yayılımını ve neden oldukları enfeksiyonları kontrol etmek amacıyla da kullanılabilecekleri bildirilmiştir (Helaly ve ark., 2014; Santhoshkumar ve ark., 2017; Singh ve ark., 2018). Nitekim Jasim ve Abd-Ali (2020),

kırmızı soğan özütü ve ZnO NP' lerinin *Cryptococcus neoformans* ve *Bacillus subtilis* bakterilerine karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiklerini tespit etmişlerdir.

1.2. Gümüş Nanopartikülleri (Ag NP)

Gümüş nanopartikülleri yaygın olarak kullanılan ticarileştirilmiş nanoparçacıklardır (Ahmed ve ark., 2018). Yüksek antimikrobiyal ve antikanser özellik gösteren gümüş nanopartikülleri, bu özellikleri nedeniyle sağlık, kozmetik, tekstil gibi birçok alanda kullanım olanağı bulmaktadır (Beykaya ve Çağlar, 2016). Tarımda Ag NP' leri antibakteriyel, antiviral, antifungal, büyüme destekleyicileri olarak ve meyve olgunlaşma ajanlarının üretiminde kullanılmaktadır (Vinković ve ark., 2017; Khan ve ark., 2019). Ancak, bitki hastalıklarına ve toprak patojenlerine karşı yüksek etki gösteren Ag NP' lerinin yoğun kullanımı mikroorganizmalarda direnç gelişimine de yol açabilmektedir (Barros ve ark., 2018).

Ag NP' ler, mikrobiyal membranlarla reaksiyona girerek bu yapılara zarar veren ve bakterileri etkisiz hale getiren reaktif oksijen türlerini (ROT) üretir. ROT konsantrasyonu antioksidan kapasiteyi aştığında hücrelerin lipid, protein, DNA ve enzim yapıları ile etkileşime girerek toksik etki göstermektedir (Eraslan, 2020). Yapılan araştırmalarda nanogübre olarak kullanılan Ag NP' lerin, soğan ve sarımsakta bitki büyümesi ve verimi olumlu yönde etkilediği, ayrıca beyaz çürüklük hastalığına karşı nanofungisit olarak da kullanılabileceği bildirilmiştir (Darwesh ve Elshahawy, 2021). Bunlara ilave olarak, özellikle stres koşulları altındaki bitkilere uygulanan Ag

NP' lerin pestisitlerin ve yüksek konsantrasyonlu mineral gübrelerin kullanımını azaltabileceği de ifade edilmiştir (Jaskulski ve ark., 2022).

1.3. Bakır Nanopartikülleri (Cu NP)

Bakır nanopartikülleri optik, katalitik, mekanik ve elektriksel özelliklerinden dolayı büyük ilgi görmektedir. Bakır, altın ve gümüş gibi soy metallere göre oldukça iletken ve ekonomik olduğu için iyi bir alternatif malzemedir (Moya ve ark., 2006). Bakır birçok protein ve enzimde bulunan temel bir mineraldir ve bitki beslenmesinin yanında antifungal özellik göstermesi nedeniyle, bitki koruma formülasyonlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır (Rawat ve ark., 2018). Güçlü bir antibakteriyel aktiviteye sahip olan Cu NP' leri mikroorganizma varlığını %99.9 oranında azaltabilme özelliklerinden dolayı bakterisit ajan olarak kullanılabilir (Subhankari ve Nayak, 2013). Bu nedenle, bitkiler için temel mikro besin olmasının yanı sıra önemli fizyolojik ve biyolojik işlevler için de gereklidir (Javed ve ark., 2017; Vishveshvar ve ark., 2018).

Yapılan araştırmalarda Cu NP uygulamalarının soğan verimini %31 oranında arttırdığı bildirilmiştir (Fouda, 2016). Üç farklı Cu formu uygulamasının (CuO, CuO NP' ler ve CuSO₄) karşılaştırıldığı farklı bir araştırmada da CuO NP uygulamasının *Allium fistulosum*' un allisin içeriğini ve besin değerlerini arttırdığı (Wang ve ark., 2020), düşük dozda (10 ppm) kullanılan CuO NP' lerinin ise yüksek dozda kullanılan CuSO₄ ve şelata (20 ppm) göre bitki boyu, yaprak sayısı, taze ve kuru ağırlık, verim ve baş kalitesi gibi büyüme parametrelerinin yanı sıra, makro ve mikro besin elementi içeriği, fitokimyasal bileşikler,

vitaminler ve amino asitler gibi kimyasal bileşenleri önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir (Mottaleb ve ark., 2021).

1.4. Altın Nanopartikülleri (Au NP)

Altın nanopartikülleri hemen hemen tüm moleküller veya biyomoleküller ile kolaylıkla işlevselleşebilme özellikleri sayesinde nanoelektronik, biyomedikal, nanocihazlar ve bitki biyosentezi gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır (Siddiqi ve Husen, 2017; Vijayaraghavan ve Ashokkumar, 2017). Yapılan araştırmalarda Au NP'lerin bitki büyümesi ve gelişimini olumlu yönde etkilediği ve antimikrobiyal özelliği olduğu belirtilmiştir (Sreelakshmi ve ark., 2011; Kumar ve ark., 2012; Ahmed ve ark., 2014). Ayrıca meyve ve sebzelerin kalite ve verimini artırmak için bitkilere Au NP'lerin uygulanabileceği, buna karşın yüksek altın konsantrasyonlarının (100 mg mL⁻¹) fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeyde değişiklik meydana getirebileceği bildirilmiştir (Jain ve ark., 2014). Nitekim Acharya ve ark. (2019), Au NP uygulamasının soğan tohumlarında çimlenmeyi kontrole kıyasla %63.2, soğan verimini ise %23.9 oranında arttırdığını tespit etmişlerdir.

2. NANOPARTİKÜL UYGULAMA YÖNTEMLERİ

2.1. Yapraktan Uygulama

Nanopartiküllerin en önemli avantajlarından biri sentetik gübrelerden kaynaklanan toprak kirliliği ve beraberinde meydana gelebilecek diğer çevresel sorunların azaltılabilmesine olanak sağlamasıdır (Kah ve ark., 2018). Yapraktan veya toprağa uygulanan şelatlı yada sülfatlı gübrelerin bitki bünyesine alımı istenilen düzeyde

olmamaktadır (Fageria ve ark., 2002). Buna karşın, nanometre ölçeğinde küçültülmüş boyutları sayesinde nano gübrelerin etkileri artmakta böylelikle bitki bünyesine alımı da kolaylaşmaktadır (Singh, 2017). Yapraktan nano gübre uygulaması bitkilerin gerek duyduğu besinlerin kademeli ve kontrollü şekilde verilmesine olanak sağladığı için daha etkili olmaktadır (Kah ve ark., 2018). Ayrıca bu yöntem hem topraktan yapılan uygulamalara hem de geleneksel uygulamalara göre daha az gübre kullanımına neden olmaktadır (Davarpanah ve ark., 2016; Rossi ve ark., 2019) Yaprak yüzeyine uygulanan nanopartiküller stomalardan veya trikoma tabancaları aracılığı ile çeşitli dokulara translokasyon yoluyla nüfuz ettirilmektedir (Corredor ve ark., 2009). Yapılan araştırmalar nanoparçacıkların canlı bitkilerin hücrelerine girebildiğini ve vasküler sistem aracılığıyla bitki bünyesinde hareket edebildiğini ortaya koymuştur. Örneğin, yaprak sapına enjekte edilen nanopartiküllerin bitki dokusunda nasıl ilerlediğini tespit etmek amacıyla 24, 48 ve 168 saat sonra yapılan ölçümlerde, uygulamadan 24 saat sonra nanopartiküllerin gövdenin epidermisine, 48 saat sonra gövde parankiminin iç kısmına ve ksilemi çevreleyen dokulara ulaştığı tespit edilmiş, ancak 168 saat sonra yaprak ve gövdede nanoparçacık kalıntısına rastlanmadığı bildirilmiştir (Corredor ve ark., 2009). Benzer çalışmalarda da, yapraktan uygulanan nanopartiküllerin farklı meyve ve sebze türlerinde meyve verimi ve kalitesini arttırdığı (Davarpanah ve ark., 2016; Mottaleb ve ark., 2021; Kızılırmak, 2022); ZnO NP' lerin çinko sülfata göre daha fazla yaprak penetrasyonu nedeniyle bitkilerin büyüme ve diğer fizyolojik faaliyetlerinde daha etkili olduğu bildirilmiştir (Lopez-Vargas ve ark., 2018).

2.2. Topraktan Uygulama

Nanopartiküller, bitkilere toprak üstü aksamlarından ya da köklerinden bitki hücre duvarlarının gözenek boyutuna bağlı olarak girmektedir (Dietz ve Herth, 2011). Küçük nanopartiküller bu tabakadan geçebilmekte ve daha büyük nanopartiküllere göre daha kolay plazma zarına ulaşabilmektedir (Rastogi ve ark., 2017). Nanoparçacıkların bitki bünyesinde dağılımını ve yer değiştirmesini sağlayan en önemli araçların floem ve ksilem olduğu bildirilmiştir (Cifuentes ve ark., 2010). Nanoparçacıklar kök epidermisinin hücre duvarına ve hücre zarına nüfuz ederek, bitki iletim demetine girmekte ve yapraklara taşınmak üzere semplastik olarak hareket etmektedir (Tripathi ve ark., 2017). Bununla birlikte, NP' ler bozulmamış hücre zarını geçmek için, hücre zarı üzerindeki gözenekler yoluyla hareket ettiklerinden, nanomateryal alımı nanopartikülün boyutuna bağlı olarak değişmektedir. Buna karşın, hücre duvarından geçemeyecek kadar büyük boyuttaki nanopartiküller aquaporinler, endositozlar, membran taşıma sistemleri, ortamdaki organik kimyasallar veya taşıyıcı proteinler aracılığıyla bitki kök hücrelerine girebilmektedirler (Gojon ve ark., 2009; Ma ve ark., 2010; Miwa ve ark., 2010; Rico ve ark., 2011; Tripathi ve ark., 2017). Jahangir ve Javed (2020), toprağa 5 mg mL⁻¹ dozunda uygulanan Ag NP' lerinin tuz stresi altındaki soğanda toplam klorofil, karotenoid, protein, şeker ve prolin içeriğini artırdığını, buna karşın yapraklarda flavonoid miktarını azalttığını bildirmişlerdir. Moghaddasi ve ark. (2017), topraktan ZnO NP uygulaması yapılmadan önce toprağı çiftlik gübresi ile işlemenin Zn yarayışlılığını artırdığını,

dolayısıyla ZnO' in topraktaki dağılımının Zn kaynağı ve toprak organik madde içeriğine bağlı olarak değiştiğini tespit etmişlerdir.

2.3. Fertigasyon Yöntemi ile Uygulama

Bu yöntemde nanopartiküller belli bir oranda saf su ile karıştırılarak bitkiye verilmektedir. Soğanda yapılan çalışmalarda, 25 ve 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ Ag NP uygulamalarının bitki boyu, gövde çapı ve yaprak genişliği üzerine olumlu etki gösterdiği tespit edilmiştir (Akhoundnejad ve Karakaş, 2021). Wang ve ark. (2020), 75-300 mg kg^{-1} CuO NP uygulamalarının yeşil soğanda (*Allium fistulosum*) allisin ve esansiyel element (Ca, Fe, Mg, Mn ve Ni) içeriğini artırdığını, bu nedenle CuO NP' lerinin soğan üretimi için nanogübre olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

2.4. Priming Uygulamaları

Tohumlarda çimlenmeyi uyarabilmek amacıyla yapılan priming uygulamalarının fizyolojik temeli, tohumlara su veya osmotik bir solüsyon ile muamele ederek tohumda biyokimyasal aktivasyonu başlatmaktır (Okan, 2020). Bu amaçla büyümeyi düzenleyici madde, biyo, organik ve termo priming uygulamaları yapılmaktadır. Priming uygulamaları ile çimlenme ve çıkış oranını artırmak, çıkış süresini kısaltmak, çimlenme sırasında tohumdaki besin maddelerinin verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamak, güçlü fide elde etmek, sıcaklık, tuzluluk ve kuraklık gibi çeşitli stres koşullarına dayanımı arttırmak amaçlanmaktadır.

Tohumlara yapılan priming uygulamalarında tohumlar nanopartikül ve su karışımının içerisinde bekletilerek tohum çimlenmesi ve fide gelişimi arttırılmaktadır. Raskar ve Laware (2014), ZnO NP' lerinin 10 ve 20 $\mu\text{g mL}^{-1}$ dozlarının soğanda tohum çimlenmesi, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu ve çıkış üzerine olumlu etkilerinin olduğunu, buna karşın 40 $\mu\text{g mL}^{-1}$ uygulamasının ise olumsuz etki gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Soğan, nanopartiküllerin genetik toksikolojisini incelemek için kullanılabilecek en iyi model bitkilerden biridir (Kumari ve ark., 2011). Soğan köklerine uygulanan NP' lerin, soğan kök morfolojisi üzerine etkisi uygulanan doza ve süreye bağlı olarak değişmektedir (Sun ve ark., 2019).

Nitekim soğan başlarına farklı dozlarda uygulanan (0, 20, 200 ve 2000 $\mu\text{g mL}^{-1}$) CuO, Al₂O₃ ve TiO₂ NP' lerinin genetik ve sitogenetik etkilerininin araştırıldığı bir çalışmada, bu çözeltilerde 12 saat bekletilen soğan başlarının kök hücreleri ve meristemlerinde oksidatif bozulmaya neden olan reaktif oksijen türlerinin (ROT) üretiminin arttığı bildirilmiştir (Ahmed ve ark., 2018). Benzer şekilde 24 saat boyunca 50 mg L^{-1} ZnO NP' lerine maruz kalan sarımsak bitkilerinde de kök büyümesinin tamamen durduğu (Shaymurat ve ark., 2012), 48 saat süreyle ZnO NP' lerine maruz kalan soğan köklerindeki meristematik hücrelerin kromozomlarında hücre hasarlarının meydana geldiği ve köklerin biyolojik işlevlerinin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir (Sampaio ve ark., 2020). 12, 24 ve 36 saat süreyle uygulanan farklı dozlardaki (5 ve 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$) ZnO NP' lerinin soğanın kök

meristemlerinde sitotoksisite, genotoksisite, hücre zarı bütünlüğü, metabolik aktivite, reaktif oksijen birikimi ve DNA hasarı üzerine etkilerini inceleyen

Sun ve ark. (2019) ise, 5 ve 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ uygulamalarının ZnO NP'lerinin kök büyümesini azalttığını, 36 saat 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ doza maruz kalan köklerde sitotoksik ve genotoksik etkilerin en fazla olduğunu bildirirken, kök uçlarında şişkinlik, yumuşak ve kırılğan yapı gözlemlendiğini tespit etmişlerdir.

Farklı sürelerde (2, 4 ve 6 saat) uygulanan 0, 5, 10, 20, 40 ve 80 mg L^{-1} Ag NP'lerinin soğan kök uçlarında hücre ölümlerine neden olduğu ve meydana gelen hasarın uygulama dozu ve süresinin artmasıyla arttığı (Heikal ve ark., 2020), 75 ppm uygulamasının kromozomal kırılmalara, 100 ppm uygulamasının ise hücrelerin çoğunda hücre duvarlarının tamamen parçalanmasına neden olduğu (Kumari ve ark., 2009), 72 saat süreyle farklı dozlarda (25, 50, 75 ve 100 $\mu\text{g L}^{-1}$) hazırlanan Ag NP'lerinin sulu çözeltileri içerisinde bekletilen soğan başlarında kök büyümesinin azaldığı ve oksidatif hasarın başladığı, meydana gelen toksisitenin uygulama dozunun artmasıyla arttığı (Cvjetko ve ark., 2017), farklı konsantrasyonlarda (1.0, 1.5 ve 2.0 ppm) uygulanan Cu NP'lerinin soğanda sitotoksisite ve genotoksisiteyi arttırdığı, buna karşın nanopartikül dozunun artmasıyla mitotik indeksin önemli ölçüde azaldığı ve anormallik oranının arttığı bildirilmiştir (Paredes ve ark., 2020).

2.5. *In Vitro* Uygulamalar

In vitro NP uygulamaları özellikle NP' lerin tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkilerini araştırmaya yoğunlaşmıştır. Örneğin, MS ortamına farklı konsantrasyonlarda (50, 100, 200, 400, 800, 1600 ve 3200 mg L⁻¹) ilave edilen ZnO NP' lerinin soğan tohumlarında çimlenme oranını arttırdığı ve en iyi çimlenmenin 800 mg L⁻¹ ZnO NP dozundan elde edildiği bildirilmiştir (Tymoszuk ve Wojnarowicz, 2020). *In vitro* çalışmalarda sorun olan bakteriyel kontaminasyonların önüne geçebilmek için çoğunlukla antibiyotikler kullanılmaktadır. Ancak bu antibiyotikler fitotoksik etki göstererek eksplant/bitki gelişimini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu sorunun çözümüne yönelik olarak çeşitli mikroorganizmaları yok etmede metal ve metal oksit nanopartiküllerin yararlı etkileri olduğu bildirilmiştir (Wang ve ark., 2017).

3. DİĞER ÇALIŞMALAR

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, son yıllarda çevre dostu, düşük toksisite gösteren canlı hücrelerden nanopartikül üretimini esas alan “Yeşil Nanoteknoloji” kavramı dikkat çekmektedir. Bu kavram ile, çevresel atıkların oluşturduğu sorunların çözülmesine yardımcı olan, insan, hayvan ve çevre sağlığı açısından risk teşkil etmeyen teknikler ifade edilmektedir. Yeşil nanoteknoloji kapsamında özellikle yeşil bitki ekstraktları ve mikroorganizmalar kullanılmaktadır (Beykaya ve Çağlar, 2016; Yavuz ve Yılmaz, 2021). Bitki ve mikroorganizmalarda bulunan proteinler, enzimler, fenolik bileşikler, aminler, alkaloidler gibi moleküller indirgenerek, NP üretimi gerçekleştirilmektedir (Shah

ve ark., 2015; Parveen ve ark., 2016). Nanopartiküllerin sentezlenmesinde farklı bitkiler kullanılmaktadır. Örneğin, Ag NP sentezlenmesinde soğan, çöl çiçeği, çay, pervane çiçeği, portakal, yaban mersini, karabiber, tespah ağacı, hint lotusu, orman gülleri gibi bitkiler kullanılabilir (Kumar ve ark., 2013). Yeşil sentez yolu ile NP elde etmek için bitkinin, gövde, yaprak, çiçek, meyve, kök, lateks, tohum ve tohum kabuğu gibi farklı bitki parçaları kullanılmaktadır. Bu bitki kısımlarının kullanılmasının avantajı, tüm bitkilerin kullanılmasından daha kolay ve daha az maliyetli olmalarıdır (Beattie ve Haverkamp, 2011; Çiftçi ve ark., 2021). Ag NP sentezinde karabiber (*Piper nigrum*) bitkisinin yaprak, kök ve gövde özlerini kullanan Paulkumar ve ark., (2014), yaprak ekstraktlarında 2, gövde ekstraktlarında 4 saatte nanopartikül sentezinin tamamlandığını ve yapraklardan sentezlenen Ag NP boyununun 4-50 nm, kökten sentezlenenlerin ise 9-30 nm arasında olduğunu bildirmişlerdir. Nadaroglu ve ark. (2023), yeşil sentez yolu ile sentezlenen soğan yapraklarından NP elde edildiğini ve bu NP'lerin yüksek derecede antioksidant aktivite sergilediklerini tespit etmişlerdir. Yapılan araştırmalarda soğan yaprakları kullanılarak gümüş nitratın ($AgNO_3$) indirgenebileceği ve gümüş nanoparçacıkların sentezi için kullanılabileceği ve *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*' a karşı antimikrobiyal olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Saxena ve ark., 2010).

KAYNAKLAR

- Acharya, P., Jayaprakasha, G.K., Crosby, K.M., Jifon, J.L., & Patil, B.S. (2019). Green-synthesized nanoparticles enhanced seedling growth, yield, and quality of onion (*Allium cepa* L.). *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 7(17): 14580-14590.
- Ahmed, K.B.A., Subramanian, S., Sivasubramanian, A., Veerappan, G., & Veerappan, A. (2014). Preparation of gold nanoparticles using *Salicornia brachiata* plant extract and evaluation of catalytic and antibacterial activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 130: 54-58.
- Ahmed, B., Shahid, M., Khan, M.S., & Musarrat, J. (2018). Chromosomal aberrations, cell suppression and oxidative stress generation induced by metal oxide nanoparticles in onion (*Allium cepa*) bulb. *Metallomics*, 10(9): 1315-1327.
- Akdemir, Ö.F. (2019). Bazı nanopartiküllerin *in vitro* ortamda yetiştirilen *Hypericum perforatum* L. ve *Hypericum retusum aucher*' in hiperisin bileşiklerinin miktarı üzerine etkileri. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Akhoundnejad, Y., & Karakaş, Ö. (2021). Responses of *Allium cepa* L. exposed to silver nanoparticles. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 5(4): 599-605.
- Ali, A., Phull, A.R., & Zia, M. (2018). Elemental zinc to zinc nanoparticles: Is ZnO NPs crucial for life? Synthesis, toxicological, and environmental concerns. *Nanotechnology Reviews*, 7(5): 413-441.
- Baranowska-Wójcik, E., Szwajgier, D., Oleszczuk, P., & Winiarska-Mieczan, A. (2020). Effects of titanium dioxide nanoparticles exposure on human health-a review. *Biological Trace Element Research*, 193(1): 118-129.
- Barrena, R., Casals, E., Colón, J., Font, X., Sánchez, A., & Puntès, V. (2009). Evaluation of the ecotoxicity of model nanoparticles. *Chemosphere*, 75(7): 850-857.

- Barros, C.H., Fulaz, S., Stanisic, D., & Tasic, L. (2018). Biogenic nanosilver against multidrug-resistant bacteria (MDRB). *Antibiotics*, 7(3): 69.
- Beattie I.R., & Haverkamp R.G. (2011). Silver and gold nanoparticles in plants: sites for the reduction to metal. *Metallomics*, 3(6): 628-632.
- Beykaya, M., & Çağlar, A. (2016). Bitkisel özütler kullanılarak gümüş nanopartikül (Ag NP) sentezlenmesi ve antimikrobiyal etkinlikleri üzerine bir araştırma. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(3): 631-641.
- Cakmak, I. (2000). Role of zinc in protecting plant cells from reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146: 185-205.
- Cifuentes, Z., Custardoy, L., de la Fuente, J.M., Marquina, C., Ibarra, M.R., Rubiales, D., & Pérez-de-Luque, A. (2010). Absorption and translocation to the aerial part of magnetic carbon-coated nanoparticles through the root of different crop plants. *Journal of Nanobiotechnology*, 8(1): 1-8.
- Corredor, E., Testillano, P.S., Coronado, M.J., González-Melendi, P., Fernández-Pacheco, R., Marquina, C., & Risueño, M.C. (2009). Nanoparticle penetration and transport in living pumpkin plants: in situsubcellular identification. *BMC Plant Biology*, 9(1): 1-11.
- Cvjetko, P., Milošić, A., Domijan, A.M., Vrčak, I., Tolić, S., Štefanić, P.P., & Balen, B. (2017). Toxicity of silver ions and differently coated silver nanoparticles in *Allium cepa* roots. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 137: 18-28.
- Çiftçi, H., Çalışkan, Ç.E., Öztürk, K., & Yazıcı, B. (2021). Yeşil yöntemle sentezlenen biyoaktif nanopartiküller. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 4(1): 29-42.
- Darwesh, O.M., & Elshahawy, I.E. (2021). Silver nanoparticles inactivate sclerotial formation in controlling white rot disease in onion and garlic caused by the soil borne fungus *Stromatinia cepivora*. *European Journal of Plant Pathology*, 160(4): 917-934.
- Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J., & Khorasani, R. (2016). Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate

- (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruit yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 210: 57-64.
- DeRosa, M.C., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R., & Sultan, Y. (2010). Nanotechnology in fertilizers. *Nature Nanotechnology*, 5(2): 91.
- Dietz, K.J., & Herth, S. (2011). Plant nanotoxicology. *Trends in Plant Science*, 16(11): 582-589.
- Eisvand, H.R., Kamaei, H., & Nazarian, F. (2018). Chlorophyll fluorescence, yield and yield components of bread wheat affected by phosphate bio-fertilizer, zinc and boron under late-season heat stress. *Photosynthetica*, 56(4): 1287-1296.
- Eraslan, T. (2020). *Daphne oleoides*'den sentezlenen gümüş nanopartiküllerin antioksidan aktivitesinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C., & Clark, R.B. (2002). Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy*, 77: 185-268.
- Fouda, K.F. (2016). Response of onion yield and Its chemical content to NPK fertilization and foliar application of some micronutrients. *Egyptian Journal of Soil Science*, 56(3): 549-561.
- Ghidan, A.Y., Al-Antary, T.M., Awwad, A.M., & Akash, M.W. (2017). Aphidicidal potential of green synthesized magnesium hydroxide nanoparticles using *Olea europaea* leaves extract. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 12(10): 293-301.
- Gojon, A., Nacry, P., & Davidian, J.C. (2009). Root uptake regulation: a central process for NPS homeostasis in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3): 328-338.
- Halıcı, A., Seyrek, A., Aykan, K., Ünal, F., & Yüzbaşıoğlu, D. (2021). Nanopartiküllerin genotoksik etkileri. *Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 2(2).19-38.
- Hänsch, R., & Mendel, R.R. (2009). Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3): 259-266.

- Heikal, Y.M., Şuţan, N.A., Rizwan, M., & Elsayed, A. (2020). Green synthesized silver nanoparticles induced cytogenotoxic and genotoxic changes in *Allium cepa* L. varies with nanoparticles doses and duration of exposure. *Chemosphere*, 243.
- Helaly, M.N., El-Metwally, M.A., El-Hoseiny, H., Omar, S.A., & El-Sheery, N.I. (2014). Effect of nanoparticles on biological contamination of *in vitro* cultures and organogenic regeneration of banana. *Australian Journal of Crop Science*, 8(4): 612-624.
- Hou, J., Wu, Y., Li, X., Wei, B., Li, S., & Wang, X. (2018). Toxic effects of different types of zinc oxide nanoparticles on algae, plants, invertebrates, vertebrates and microorganisms. *Chemosphere*, 193: 852-860.
- Ismail, M., Gul, S., Khan, M.A. & Khan, M. (2016). Plant mediated green synthesis of anti-microbial silver nanoparticles a review on recent trends. *Reviews in Nanoscience and Nanotechnology*, 5(2): 119-135.
- Işıldak, Y. (2022). Farklı büyüklükteki bakır oksit nanopartiküllerinin *Cucumis sativus* ve toprak enzimleri üzerine etkilerinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Jahangir, S., & Javed, K. (2020). Nanoparticles and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) modulate the physiology of onion plant under salt stress. *Pakistan Journal of Botany*, 52(4): 1473-1480.
- Jain, A., Sinilal, B., Starnes, D. L., Sanagala, R., Krishnamurthy, S., & Sahi, S.V. (2014). Role of Fe-responsive genes in bioreduction and transport of ionic gold to roots of *Arabidopsis thaliana* during synthesis of gold nanoparticles. *Plant Physiology and Biochemistry*, 84: 189-196.
- Jasim, N.O., & Abd-Ali, N.K. (2020). Biosynthesis of ZnO nanoparticle in presence of red onion extract. *Plant Archives*, 20 (2): 7854-7856.
- Jaskulski, D., Jaskulska, I., Majewska, J., Radziemska, M., Bilgin, A., & Brtnicky, M. (2022). Silver nanoparticles (AgNPs) in urea solution in laboratory tests and field experiments with crops and vegetables. *Materials*, 15(3): 870.
- Javed, R., Usman, M., Yücesan, B., Zia, M., & Gürel, E. (2017). Effect of zinc oxide (ZnO) nanoparticles on physiology and steviol glycosides production in

- micropropagated shoots of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Plant Physiology and Biochemistry*, 110: 94-99.
- Kah, M., Kookana, R.S., Gogos, A., & Bucheli, T.D. (2018). A critical evaluation of nanopesticides and nanofertilizers against their conventional analogues. *Nature Nanotechnology*, 13(8): 677-684.
- Kashyap, P.L., Xiang, X., & Heiden, P. (2015). Chitosan nanoparticle based delivery systems for sustainable agriculture. *International Journal of Biological Macromolecules*, 77: 36-51.
- Khan, P.S.S.V., Vijayalakshmi, G., Raja, M.M., Naik, M.L., Germanà, M.A., & Terry, R.G. (2019). Doubled haploid production in onion (*Allium cepa* L.): from gynogenesis to chromosome doubling. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 142(1): 1-22.
- Khot, L.R., Sankaran, S., Maja, J.M., Ehsani, R., & Schuster, E.W. (2012). Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: a review. *Crop Protection*, 35: 64-70.
- Kızılırmak, M.B. (2022) Çinko oksit (ZnO) nanopartiküllerinin yaprak uygulamalarının hıyar (*Cucumis sativus* L.)’ da enzim aktivitesi, bitki gelişmesi ve verim üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kohl, Y., Rundén-Pran, E., Mariussen, E., Hesler, M., El Yamani, N., Longhin, E.M., & Dusinska, M. (2020). Genotoxicity of nanomaterials: advanced *in vitro* models and high throughput methods for human hazard assessment. *Nanomaterials*, 10: 1-25.
- Kopach, O.V., Kuzovkova, A.A., Azizbekyan, S.G., & Reshetnikov, V.N. (2013). Use of micronutrient nanoparticles in biotechnology of medicinal plants: exposure of copper nanoparticles to cell cultures *Silybum marianum* L. *Tr. BGU*, 8(2): 20-23.
- Kumar, K.M., Mandal, B.K., Sinha, M., & Krishnakumar, V. (2012). *Terminalia chebula* mediated green and rapid synthesis of gold nanoparticles. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 86: 490-494.

- Kumar, A., Chisti, Y., & Banerjee, U. (2013). Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts. *Biotechnology Advances*, 31(2): 346–356.
- Kumari, M., Mukherjee, A., & Chandrasekaran, N. (2009). Genotoxicity of silver nanoparticles in *Allium cepa*. *Science of the Total Environment*, 407(19): 5243-5246.
- Kumari, M., Khan, S.S., Pakrashi, S., Mukherjee, A., & Chandrasekaran, N. (2011). Cytogenetic and genotoxic effects of zinc oxide nanoparticles on root cells of *Allium cepa*. *Journal of Hazardous Materials*, 190(1-3): 613-621.
- León-Silva, S., Arrieta-Cortes, R., Fernández-Luqueño, F., & López-Valdez, F. (2018). Design and production of nanofertilizers. In *Agricultural Nanobiotechnology*, 17-31.
- Li, J., Hu, J., Xiao, L., Gan, Q., & Wang, Y. (2017). Physiological effects and fluorescence labeling of magnetic iron oxide nanoparticles on citrus (*Citrus reticulata*) seedlings. *Water, Air, and Soil Pollution*, 228(1): 1-9.
- Lin, D., & Xing, B. (2007). Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth. *Environmental Pollution*, 150(2): 243-250.
- Lopez-Vargas, E.R., Ortega-Ortíz, H., Cadenas-Pliego, G., de Alba Romenus, K., Cabrera de la Fuente, M., Benavides-Mendoza, A., & Juárez-Maldonado, A. (2018). Foliar application of copper nanoparticles increases the fruit quality and the content of bioactive compounds in tomatoes. *Applied Sciences*, 8(7): 1020.
- Ma, X., Geiser-Lee, J., Deng, Y., & Kolmakov, A. (2010). Interactions between engineered nanoparticles (ENPs) and plants: phytotoxicity, uptake and accumulation. *Science of The Total Environment*, 408(16): 3053-3061.
- Misra, A., Srivastava, A.K., Srivastava, N.K., & Khan, A. (2005). Zn-acquisition and its role in growth, photosynthesis, photosynthetic pigments and biochemical changes in essential monoterpene oil (s) of *Pelargonium graveolens*. *Photosynthetica*, 43(1): 153-155.
- Miwa, K., Tanaka, M., Kamiya, T., & Fujiwara, T. (2010). Molecular Mechanisms of Boron Transport in Plants: Involvement of Arabidopsis NIP5;1 and NIP6;1. In: Jahn, T.P., Bienert, G.P. (eds) *MIPs and Their Role in the Exchange of*

- Metalloids. Advances in Experimental Medicine and Biology, vol 679. Springer, New York, NY.
- Moghaddasi, S., Fotovat, A., Khoshgoftarmanesh, A.H., Karimzadeh, F., Khazaei, H.R., & Khorassani, R. (2017). Bioavailability of coated and uncoated ZnO nanoparticles to cucumber in soil with or without organic matter. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 144: 543-551.
- Mottaleb, S.A., Hassan, A.Z., El-Bahbohy, R., & Mahmoud, A.W.M. (2021). Are copper nanoparticles toxic to all plants? A case study on onion (*Allium cepa* L.). *Agronomy*, 11(5): 1006.
- Moya J.S., Pecharroman C., Cubillo A., & Montero I. (2006) Monodisperse and corrosion resistant metallic nanoparticles embedded into sepiolite particles for optical and magnetic applications. *Journal of American Ceramic Society*, 89 (10): 3043-3049.
- Nadaroglu, H., Kaymak, H.C., Alayli, A., & Kapakin, K.A.T. (2023). Investigation of potential antioxidative effects of CaO nanoparticles on bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). *Gesunde Pflanzen*, 75: 289-301.
- Nechitailo, G.S., Bogoslovskaya, O.A., Ol'khovskaya, I.P., & Glushchenko, N.N. (2018). Influence of iron, zinc, and copper nanoparticles on some growth indices of pepper plants. *Nanotechnologies in Russia*, 13(3): 161-167.
- Okan, N.O. (2020). TiO₂ nanopartiküllerin nohut (*Cicer arietinum* L.) bitkisininin *in vitro* çimlenmesi, büyümesi ve rejenerasyonuna etkileri. Doktora Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Pandey, P. (2022). Role of nanotechnology in electronics: A review of recent developments and patents. *Recent Patents on Nanotechnology*, 16(1): 45-66.
- Paredes, C.R.E., Soto, J.C.R., Quiñones, M.C., Villalaz, C.A., Peña, A.C., Alcántara, E.L., & Alva, M.V. (2020). Citotoxicidad y genotoxicidad de nanopartículas de cobre sobre *Allium cepa* L. (Amaryllidaceae). *Arnaldoa*, 27(1): 108-112.
- Parveen, K., Banse, V., & Ledwani, L., (2016). Green synthesis of nanoparticles: their advantages and disadvantages. *2nd International Conference on Emerging Technologies*, 1724(1): 23-47.

- Paulkumar, K., Gnanajobitha, G., Vanaja, M., Rajeshkumar, S., Malarkodi, C., Pandian, K., & Annadurai, G. (2014). *Piper nigrum* leaf and stem assisted green synthesis of silver nanoparticles and evaluation of its antibacterial activity against agricultural plant pathogens. *The Scientific World Journal*, 2014(7): 1-9.
- Raskar, S.V., & Laware, S.L. (2014). Effect of zinc oxide nanoparticles on cytology and seed germination in onion. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(2): 467-473.
- Rastogi, A., Zivcak, M., Sytar, O., Kalaji, H.M., He, X., Mbarki, S., & Bristic, M. (2017). Impact of metal and metal oxide nanoparticles on plant: a critical review. *Frontiers in Chemistry*, 5(78):1-15.
- Rawat, S., Pullagurala, V.L., Hernandez-Molina, M., Sun, Y., Niu, G., Hernandez-Viezcas, J.A., & Gardea-Torresdey, J.L. (2018). Impacts of copper oxide nanoparticles on bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plants: a full life cycle study. *Environmental Science: Nano*, 5(1): 83-95.
- Rico, C.M., Majumdar, S., Duarte-Gardea, M., Peralta-Videa, J.R., & Gardea-Torresdey, J.L. (2011). Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(8): 3485-3498.
- Roco, M.C. (2003). Nanotechnology: convergence with modern biology and medicine. *Current Opinion Biotechnology*, 14: 337-346.
- Rossi, L., Fedenia, L.N., Sharifan, H., Ma, X., & Lombardini, L. (2019). Effects of foliar application of zinc sulfate and zinc nanoparticles in coffee (*Coffea arabica* L.) plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 135: 160-166.
- Sabir, S., Arshad, M., & Chaudhari, S.K. (2014). Zinc oxide nanoparticles for revolutionizing agriculture: Synthesis and applications. *The Scientific World Journal*, 2014(8): 1-8.
- Saha, N., & Dutta, S.D. (2017). Low-dose toxicity of biogenic silver nanoparticles fabricated by *Swertia chirata* on root tips and flower buds of *Allium cepa*. *Journal of Hazardous Materials*, 330: 18-28.

- Sampaio, L.L.G., Boga, É.P.C., Neves, E.L., de Mo Mendes, L., Araújo, É.F.L., Baia, M.O., & De-Menezes, I.P.P. (2020). Zinc oxide nanoparticles at environmentally relevant concentrations cause cytotoxic and chromosomal damage to *Allium cepa* root cells. *Genetics and Molecular Research*, 20(1): 63-90.
- Santhoshkumar, J., Kumar, S.V., & Rajeshkumar, S. (2017) Synthesis of zinc oxide nanoparticles using plant leaf extract against urinary tract infection pathogen. *Resour Efficient Technologies*, 3(4): 459-465.
- Sanzari, I., Leone, A., & Ambrosone, A. (2019). Nanotechnology in plant science: to make a long story short. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7(120): 1-12.
- Sarı, Ş.T. (2019). Gümüş nanopartiküllerin kültür mantarlarında hastalığa sebep olan bazı fungal patojenlerin gelişimi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Saxena, A., Tripathi, R.M., & Singh, R.P. (2010). Biological synthesis of silver nanoparticles by using onion (*Allium cepa*) extract and their antibacterial activity. *Digest Journal of Nanomaterials Biostructures*, 5(2): 427-432.
- Sedghi, M., Hadi, M., & Toluie, S.G. (2013). Effect of nano zinc oxide on the germination parameters of soybean seeds under drought stress. *Annales of West University of Timisoara. Series of Biology*, 16(2): 73- 78.
- Shah, M., Fawcett, D., Sharma, S., Tripathy, S.K., & Poinern, G.E.J. (2015). Green synthesis of metallic nanoparticles via biological entities. *Materials (Basel)*, 8(11): 7278-7308.
- Shaymurat, T., Gu, J., Xu, C., Yang, Z., Zhao, Q., Liu, Y., & Liu, Y. (2012). Phytotoxic and genotoxic effects of ZnO nanoparticles on garlic (*Allium sativum* L.): a morphological study. *Nanotoxicology*, 6(3): 241-248.
- Siddiqui, M.H., Al-Whaibi, M.H., Firoz, M., & Al-Khaishany, M.Y. (2015). Role of nanoparticles in plants. *Nanotechnology and Plant Sciences*, 6(67): 19-35.
- Siddiqi, K.S., & Husen, A. (2017). Recent advances in plant-mediated engineered gold nanoparticles & their application in biological system. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 40: 10-23.

- Singh, M.D. (2017). Nano-fertilizers is a new way to increase nutrients use efficiency in crop production. International Journal of Agriculture Sciences, ISSN, 0975-3710.
- Singh, A., Singh, N.Á., Afzal, S., Singh, T., & Hussain, I. (2018). Zinc oxide nanoparticles: a review of their biological synthesis, antimicrobial activity, uptake, translocation and biotransformation in plants. Journal of Materials Science, 53(1): 185-201.
- Sreelakshmi, C.H., Datta, K.K.R., Yadav, J.S., & Reddy, B. V. (2011). Honey derivatized Au and Ag nanoparticles & evaluation of its antimicrobial activity. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 11(8): 6995-7000.
- Subhankari I., & Nayak P.L. (2013) Synthesis of copper nanoparticles using *Syzygium aromaticum* (cloves) aqueous extract by using green chemistry. World Journal of Nano Science and Technology, 2(1): 14-17.
- Sun, Z., Xiong, T., Zhang, T., Wang, N., Chen, D., & Li, S. (2019). Influences of zinc oxide nanoparticles on *Allium cepa* root cells and the primary cause of phytotoxicity. Ecotoxicology, 28(2): 175-188.
- Tripathi, D.K., Singh, S., Singh, S., Pandey, R., Singh, V.P., Sharma, N.C., & Chauhan, D.K. (2017). An overview on manufactured nanoparticles in plants: uptake, translocation, accumulation and phytotoxicity. Plant Physiology and Biochemistry, 110: 2-12.
- TÜİK. (2022). Sebze üretim alanları ve miktarı. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>. Erişim tarihi: 16.11.2022.
- Tymoszuk, A., & Wojnarowicz, J. (2020). Zinc oxide and zinc oxide nanoparticles impact on in vitro germination and seedling growth in *Allium cepa* L. Materials, 13(12): 2784.
- Vijayaraghavan, K., & Ashokkumar, T. (2017). Plant-mediated biosynthesis of metallic nanoparticles: a review of literature, factors affecting synthesis, characterization techniques and applications. Journal of Environmental Chemical Engineering, 5(5): 4866-4883.

- Vinković, T., Novák, O., Strnad, M., Goessler, W., Jurašin, D.D., Parađiković, N., & Vrček, I.V. (2017). Cytokinin response in pepper plants (*Capsicum annuum* L.) exposed to silver nanoparticles. *Environmental Research*, 156: 10-18.
- Vishveshvar, K., Krishnan, A., Haribabu, K., & Vishnuprasad, S. (2018). Green synthesis of copper oxide nanoparticles using *Ixiro coccinea* plant leaves and its characterization. *BioNanoScience*, 8(2): 554-558.
- Wang, P., Lombi, E., Zhao, F.J., & Kopittke, P.M. (2016). Nanotechnology: a new opportunity in plant sciences. *Trends in Plant Science*, 21(8): 699-712.
- Wang, L., Liu, Z., Xia, X., Yang, C., Huang, J., & Wan, S. (2017). Colorimetric detection of cucumber green mottle mosaic virus using unmodified gold nanoparticles as colorimetric probes. *Journal of Virological Methods*, 243: 113-119.
- Wang, Y., Deng, C., Cota-Ruiz, K., Peralta-Videa, J.R., Sun, Y., Rawat, S., & Gardea-Torresdey, J.L. (2020). Improvement of nutrient elements & allicin content in green onion (*Allium fistulosum*) plants exposed to CuO nanoparticles. *Science of The Total Environment*, 725, 138387.
- White, J.C., & Gardea-Torresdey, J. (2018). Achieving food security through the very small. *Nature Nanotechnology*, 13(8): 627-629.
- Yan, X., Song, Y., Zhu, C., Li, H., Du, D., Su, X., & Lin, Y. (2018). MnO₂ nanosheet-carbon dots sensing platform for sensitive detection of organophosphorus pesticides. *Analytical Chemistry*, 90(4): 2618-2624.
- Yaqoob, A.A., Mohamad Ibrahim, M.N., Rafatullah, M., Chua, Y.S., Ahmad, A., & Umar, K. (2020). Recent advances in anodes for microbial fuel cells: An overview. *Materials*, 13(9): 2078.
- Yavuz, İ., & Yılmaz, E.Ş. (2021). Biyolojik sistemli nanopartiküller. *Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 2(1): 93-108.
- Yin, L., Colman, B.P., McGill, B.M., Wright, J.P., & Bernhardt, E.S. (2012). Effects of silver nanoparticle exposure on germination and early growth of eleven wetland plants. *Plos One*, 7(10): 47674. doi:10.1371/journal.pone.0047674.

- Yin, I.X., Zhang, J., Zhao, I.S., Mei, M.L., Li, Q., & Chu, C.H. (2020). The antibacterial mechanism of silver nanoparticles and its application in dentistry. *International Journal of Nanomedicine*,15: 2555-2562.
- Yu-Nam, Y., & Lead, R. (2008). Manufactured nanoparticles: an overview of their chemistry, interactions and potential environmental implications. *Science of The Total Environment*, 400(1-3): 396-414.
- Zarei, H., Kazemi Oskuee, R., Hanafi-Bojd, M.Y., Gholami, L., Ansari, L., & Malaekheh-Nikouei, B. (2019). Enhanced gene delivery by polyethyleneimine coated mesoporous silica nanoparticles. *Pharmaceutical Development and Technology*, 24(1): 127-132.
- Zhao, L., Lu, L., Wang, A., Zhang, H., Huang, M., Wu, H., & Ji, R. (2020). Nanobiotechnology in agriculture: use of nanomaterials to promote plant growth and stress tolerance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(7): 1935-1947.

BÖLÜM 4

DOĞU ANADOLU BÖLGESİ' NİN ÖRTÜALTI SEBZE TARIM PROFİLİ

Doç. Dr. Burcu TUNCER¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8284936>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye. brctuncer@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4402-4536

GİRİŞ

Sebze yetiştiriciliği iklim koşullarına bağlı kalınarak açıkta yetiştiricilik şeklinde yapılabileceği gibi, farklı örtüaltı sistemlerini kullanarak iklim etkisinin kısmen ya da tamamen kaldırılmasına olanak sağlayan örtüaltı yetiştiriciliği şeklinde de yapılabilmektedir. Günümüzde artan nüfusla birlikte insan beslenmesi giderek sorun teşkil eder hale gelmektedir. Bu sorunu giderebilmek amacıyla bitkisel üretimde birim alandan daha yüksek verim ve gelir elde etmek önem arz etmektedir (Cinemre ve Kılıc, 2015).

Örtüaltı üretimi ile, mevsimsel olumsuzluklar minimuma indirilerek yıl boyu üretim yapılabilmekte ve birim alandan hem yüksek verim hem de kaliteli ürün elde etmek mümkün olmaktadır (Sevgican, 2002). Örtüaltı sistemlerinde kullanılan yüksek yapılar, yüksek tünelleri, cam veya plastik örtü materyali ile örtülmüş seralardaki üretimi kapsamaktadır (Sevgican ve ark., 2000; Tüzel ve Gül, 2008; Tüzel ve ark., 2020). Yüksek yapıların yanı sıra alçak tünellerde de örtüaltı üretimi yapılabilmektedir.

Ülkemizde örtüaltı tarımı, 1970 ve 1980' li yıllarda iklim koşulların uygun olduğu sahil bölgelerinde başlamış ve bu bölgelerde yoğunluk kazanmıştır. Kıyı bölgelerin yanı sıra, Doğu Anadolu Bölgesi gibi karasal iklime sahip, rakımı yüksek olan ve vejetasyon süresi kısa olan bölgelerde de örtüaltı sistemlerinin kullanılmasıyla ilkbahar ve sonbahar donlarının olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak ve böylece zamanından önce veya sonra sebze yetiştiriciliğine olanak sağlayan turfanda sebze yetiştiriciliğinin gelişmesine olanak sağlanabilmektedir. Bu

nedenle Doğu Anadolu Bölgesi gibi karasal iklimin hakim olduğu bölgelerde de, sebze üreticileri açısından turfanda sebzeçiliği cazip hale getirmek önem arz etmektedir. Ülkemizde 2022 yılı TÜİK verilerine göre toplam 733 851 dekar alanda 8 154 583 ton örtüaltı sebze üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde bölgelere göre örtüaltı sebze üretiminde % 81.7' lik oranla Akdeniz Bölgesi (6 665 971 ton) ilk sırada yer almaktadır. Bunu sırasıyla % 11.7' lik oranla Ege Bölgesi (957 461 ton), % 2.6' lık oranla Karadeniz (211 367 ton) ve Marmara (208 909 ton) Bölgeleri izlemektedir (Tablo 1).

Tablo 1: Türkiye' de Bölgelere Göre Örtüaltı Sebze Üretim Miktarı ve Alanı

Bölgeler	Üretim Miktarı (ton)	Pay (%)	Üretim Alanı (dekar)	Pay (%)
Akdeniz	6 665 971	81.7	591 239	80.6
Ege	957 461	11.7	65 490	8.9
Marmara	208 909	2.6	43 375	5.9
İç Anadolu	36 856	0.45	2 671	0.4
Karadeniz	211 367	2.6	25 804	3.5
Doğu Anadolu	40 224	0.49	2 773	0.4
Güneydoğu Anadolu	33 795	0.41	2 499	0.3
TOPLAM	8 154 583	100	733 851	100

Kaynak: TÜİK, 2022

Doğu Anadolu Bölgesi ise % 0.49' luk payla (40 224 ton) örtüaltı sebze üretim miktarı bakımından 5. sırada yer almaktadır (TÜİK, 2022). Üretim alanı bakımından da yine ilk sırada Akdeniz Bölgesi (% 80.6), ikinci sırada Ege Bölgesi (% 8.9) yer almakta, bu bölgeleri sırasıyla Marmara Bölgesi (% 5.9) ve Karadeniz Bölgesi (% 3.5) izlemektedir. Doğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgesi ise sebze üretim

alanı bakımından % 0.4' lük payla 5. sırada yer almaktadır (Tablo 1). Burada sunulan çalışmada, ülkemizin Doğu Anadolu Bölgesi' nde son 10 yıllık süreçte (2012-2022 yılları arası) iller ve ilçeler bazında örtüaltı sebze tarımının mevcut durumu ortaya konulmuştur.

1. DOĞU ANADOLU BÖLGESİ' NDE ÖRTÜALTI SEBZE TARIMINA GENEL BAKIŞ

Doğu Anadolu Bölgesi, 2022 yılı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, 2 773 da alanda 40 224 ton üretim değeriyle örtüaltı sebze üretiminde, bölgeler arasında 5. sırada yer almaktadır (Tablo 1). Doğu Anadolu Bölgesi örtüaltı sebze tarımı iller bazında değerlendirildiğinde, üretim miktarı bakımından % 53.4' lük payla Elazığ ili (21 724 ton) ilk sırada yer almakta, bu ili sırasıyla % 26.3' lük payla Erzincan (10.079 ton), % 6.8' lik oranla Erzurum (2 766 ton), % 5.8' lik oranla Van (2 380 ton) ve % 3.8' lik oranla Iğdır ili (1 558 ton) takip etmektedir. Üretim alanı bakımından da yine aynı illerin ön plana çıktığı, Elazığ ve Erzincan illerinin sırasıyla % 55.5 ve % 17.8' lik oran ile ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir (Tablo 2).

Örtü tipi bakımından iller değerlendirildiğinde, Iğdır ilinde örtüaltı sebze üretiminin tamamının yüksek tünellerde, Bingöl, Hakkari, Malatya ve Tunceli illerinde üretimin tamamının plastik örtü malzemesinin kullanıldığı seralarda, Ağrı ilinde ise örtüaltı sebze üretiminin tamamının cam seralarda yapıldığı belirlenmiştir (Tablo 2). Bununla birlikte Elazığ, Erzincan ve Van illerinde örtüaltı sebze üretiminin büyük çoğunluğu plastik örtü malzemesi kaplanmış seralarda yapılırken, bu illerde farklı örtü tiplerinin de kullanıldığı

saptanmıştır. Yine TÜİK 2022 verilerine göre, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Bitlis, Muş, Kars ve Ardahan illerinde örtüaltı sebze tarımının yapılmadığı belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: Doğu Anadolu Bölgesi'nde İllere Göre Örtüaltı Sebze Üretim Miktarları (ton) ve Alanları (dekar)

İller	Üretim (ton)	Pay (%)	Alan (dekar)	Pay (%)	Örtü tipi (%)			
					Alçak Tünel	Yüksek Tünel	PE Sera	Cam Sera
Ağrı	884	2.2	40	1.5	-	-	-	100
Bingöl	250	0.6	10	0.4	-	-	100	-
Bitlis	-	-	-	-	-	-	-	-
Elazığ	21 724	53.4	1 520	55.5	0.7	6.8	92.5	-
Erzincan	10 079	26.3	488	17.8		10.2	89.8	-
Erzurum	2 766	6.8	234	8.5	4.3	-	94.4	1.3
Hakkari	113	0.3	44	1.6	-	-	100	-
Kars	-	-	-	-	-	-	-	-
Malatya	302	0.7	25	0.9	-	-	100	-
Muş	-	-	-	-				
Tunceli	24	0.06	4	0.2	-	-	100	-
Ardahan	-	-	-	-				
Iğdır	1 558	3.8	179	6.5	-	100	-	-
Van	2 380	5.8	189	7.1		16.5	83.5	-
Toplam	40 720		2 773					

Kaynak: TÜİK, 2022

2. DOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE İLLER BAZINDA ÖRTÜALTI SEBZE YETİŞTİRİCİLİĞİ

Doğu Anadolu Bölgesi'nde iller ve ilçeler bazında 2012-2022 yılları arasındaki 10 yıllık süreçte örtüaltı sebze tarımının üretim miktarları Tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo 3: Doğu Anadolu Bölgesi İllerinde Yıllara ve İlçelere Göre Örtüaltı Sebze Üretim Miktarları (ton)

İl/İlçe	Yıllar						Değişim (%)
	2012	2014	2016	2018	2020	2022	
Elazığ	586	3 225	3 700	15 807	21 203	21 724	3 607
Keban	34	33	33	-	-	15	-55.9
Merkez	552	3 192	3 667	15 807	21 203	21 409	3 778
Erzincan	1 133	1 158	995	1 781	5 868	10 079	789
Kemah	35	-	5	5	5	12	-65.7
Merkez	662	714	616	1 076	2 375	5 275	696
Üzümlü	436	444	374	700	3 488	4 792	999
Erzurum	1 533	1 420	1 963	2 148	2 661	2 766	80
Olur	161	162	48	48	107	120	-25.5
Uzundere	813	722	1 332	1 332	1 346	1 360	67.3
Yakutiye	-	17	17	17	21	37	36 900
Hınıs	6	-	-	-	-	-	-98.3
Oltu	59	54	63	126	210	210	255
Aziziye	45	46	46	46	161	161	257
Tortum	150	137	138	187	417	313	108.6
İspir	248	251	294	367	324	367	47.9
Şenkaya	51	31	25	25	75	198	288
Van	373	89	1 371	2 266	2 695	2 380	538
Edremit	67	89	133	533	730	822	1 126
Erciş	-	-	278	302	473	528	527 900
Gevaş	-	-	-	104	96	-	-
Gürpınar	-	-	-	47	80	58	57 900
Merkez	303	-	-	-	-	-	-100
Çaldıran	-	-	960	1 280	1 280	960	959 900
Özalp	3	-	-	-	36	12	300

Kaynak: TÜİK, 2022

2022 yılında, örtüaltı sebze yetiştiriciliğinin yoğun yapıldığı 4 ilde de 2012 yılına göre üretimde önemli artışların olduğu belirlenmiştir. En fazla üretim artışı olan iller sırasıyla Elazığ (% 3 607), Erzincan (% 789), Van (% 538) ve Erzurum (% 80) olmuştur (Tablo 3).

2.1. Elazığ İli Örtüaltı Sebze Tarımı

Tablo 4: Elazığ İlinde Örtüaltı Sebze Yetiştiriciliğinin Yıllara Göre Üretim Miktarları (ton)

Türler	Yıllar						Top Değ (%)
	2012	2014	2016	2018	2020	2022	
Yaprakları yenen sebzeler	8	1	2	8	14	16	100
Maydanoz	1	-	-	-	-	-	-90
Kırmızı lahana	3	-	-	-	-	-	-96.7
Marul (göbekli)	4	1	2	8	14	16	300
Meyvesi yenen sebzeler	570	3 216	3 654	15 727	21 109	21 616	3 692
Domates (sofralık)	106	540	765	3 000	4 275	4 320	3 975
Hıyar (sofralık)	456	2 646	2 861	12 380	16 451	16 856	3 596
Biber (dolmalık)	-	-	-	240	256	296	295 900
Biber (sivri)	8	30	28	64	64	72	800
Patlıcan	-	-	-	43	63	72	71 900
Soğan ve sürgünleri yenen sebzeler	8	8	44	72	80	92	1 050
Soğan (taze)	8	8	44	72	80	92	1 050
TOPLAM	586	3 225	3 700	15 807	21 203	21 724	3 607

Kaynak: TÜİK, 2022

Tablo 5: Elazığ İlinde Örtüaltı Sebze Yetiştiriciliğinin Yıllara Göre Üretim Alanları (dekar)

Türler	Yıllar						Top Değ (%)
	2012	2014	2016	2018	2020	2022	
Yaprakları yenen sebzeler	6	1	1	4	7	8	33
Maydanoz	1	-	-	-	-	-	-90
Kırmızı lahana	2	-	-	-	-	-	-95

Marul (göbekli)	3	1	1	4	7	8	166
Meyvesi yenen sebzeler	77	345	367	1 088	1 450	1 489	1 833
Domates (sofralık)	18	68	68	200	285	288	1 500
Hıyar (sofralık)	57	272	295	845	1 118	1 147	1 912
Biber (dolmalık)	-	-	-	30	32	37	36 900
Biber (sivri)	2	5	4	8	8	9	350
Patlıcan	-	-	-	5	7	8	7 900
Soğan ve sürgün. yenen sebzeler	2	2	11	18	20	23	1 050
Soğan (taze)	2	2	11	18	20	23	1 050
TOP.	83	348	379	1 110	1 477	1 520	1 721

Kaynak: TÜİK, 2022

Elazığ ili, Doğu Anadolu Bölgesi örtüaltı sebze tarımında, üretim miktarı ve alan bakımından 1. sırada yer alan ilimizdir. Elazığ ilinde 2022 yılı verilerine göre 1 520 da alanda toplam 21 724 ton sebze üretimi yapılmaktadır (Tablo 4 ve 5). İlde örtüaltı sebze üretiminin tamamına yakını Merkez (21 409 ton) ilçede yapılmaktadır (Tablo 3). Elazığ ilinde 2012-2022 yılları arasında yıllar itibarıyla örtüaltı sebze üretim miktarı ve alanında düzenli ve belirgin artışların olduğu görülmektedir (Tablo 4 ve 5). 2022 yılı TÜİK verilerine göre, ilde ağırlıklı olarak meyvesi tüketilen sebze türlerinin (21 616 ton) örtüaltı yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bu üretimin değerinin büyük kısmını sofralık hıyar (16 856 ton ve 1 147 da) ve sofralık domates (4 320 ton ve 288 da) üretimi oluşturmaktadır (Tablo 4 ve 5).

2.2. Erzincan İli Örtüaltı Sebze Tarımı

Erzincan ili örtüaltı sebze üretim miktarı ve alanları Tablo 6 ve Tablo 7’ de sunulmuştur.

Tablo 6: Erzincan İlinde Örtüaltı Sebzeciliğinin Yıllara Göre Üretim Miktarları (ton)

Türler	Yıllar						Top Değ (%)
	2012	2014	2016	2018	2020	2022	
Yaprakları yenen sebzeler	-	-	-	-	8	28	27 900
Marul (göbekli)	-	-	-	-	8	28	27 900
Meyvesi yenen sebzeler	1 133	1 158	995	1 781	5 860	10 051	787
Domates (sofralık)	305	284	351	1 059	3 051	6 619	2 070
Hıyar (sofralık)	796	834	644	722	2 723	3 002	277
Biber (sivri)	-	-	-	-	50	120	119 900
Patlıcan	32	40	-	-	36	310	868
TOPLAM	1 133	1 158	995	1 781	5 868	10 079	790

Kaynak: TÜİK, 2022

2022 yılı TÜİK verilerine göre Erzincan ilinde 488 da alanda toplam 10 079 ton örtüaltı sebze üretimi yapılmaktadır. İl, örtüaltı sebze üretimi miktarı bakımından bölgede 2. sırada yer almaktadır. İlde yıllar itibarı ile üretim miktarı ve alanlarında belirgin artışlar yaşanmıştır. İlin örtüaltı sebze tarımının neredeyse tamamını (10 051 ton) meyvesi tüketilen sebzeler oluşturmaktadır. Yine Tablo 6 ve 7’ den meyvesi tüketilen sebzelerden sofralık domates (6 619 ton ve 309 da) ve sofralık hıyar (3 002 ton ve 127 da) yetiştiriciliğinin ön plana çıktığı görülmektedir. İlde örtüaltı sebze üretimi Merkez (5 275 ton) ve Üzümlü (4 792 ton) ilçelerinde yoğunlaşmıştır (Tablo 3).

Tablo 7: Erzincan İlinde Örtüaltı Sebzeciliğinin Yıllara Göre Üretim Alanları (dekar) (TÜİK 2022)

Türler	Yıllar						Top Değ (%)
	2012	2014	2016	2018	2020	2022	
Yaprakları yenen sebzeler	-	-	-	-	5	11	10 900
Marul (göbekli)	-	-	-	-	5	11	10 900
Meyvesi yenen sebzeler	70	72	66	133	296	477	581
Domates (sofralık)	17	16	31	70	155	309	1 717
Hıyar (sofralık)	49	51	55	63	120	127	159
Biber (sivri)	-	-	-	-	10	15	14 900
Patlıcan	4	5	-	-	11	26	550
TOPLAM	70	72	66	133	301	488	597

Kaynak: TÜİK, 2022

2.3. Erzurum İli Örtüaltı Sebze Tarımı

İlin örtüaltı üretim değerleri Tablo 8 ve Tablo 9' da özetlenmiştir.

Tablo 8: Erzurum İlinde Örtüaltı Sebzeciliğinin Üretim Miktarları (ton)

Türler	Yıllar						Değ (%)
	2012	2014	2016	2018	2020	2022	
Yaprakları yenen sebzeler	8	21	13	13	17	28	250
Marul (göbekli)	4	11	7	7	7	11	175
Ispanak	4	8	4	4	8	13	225
Maydanoz	-	2	2	2	2	4	3 900
Meyvesi yenen sebzeler	1 520	1 394	1 950	2 135	2 644	2 738	80
Domates (sofralık)	341	347	330	436	774	1 018	198
Hıyar (sofralık)	1 179	1 043	1 616	1 695	1 866	1 711	45
Biber (çarliston)	-	4	4	4	4	9	8 900
Soğan ve sürgünleri yenen sebzeler	5	5	-	-	-	-	-98
Soğan (taze)	5	5	-	-	-	-	-98
TOPLAM	1 533	1 420	1 963	2 148	2 661	2 766	80

Kaynak: TÜİK, 2022

Tablo 9: Erzurum İlinde Örtüaltı Sebzeçiliğinin Üretim Alanları (dekar)

Türler	Yıllar						Top Değ (%)
	2012	2014	2016	2018	2020	2022	
Yaprakları yenen sebzeler	2	6	4	4	5	8	300
Marul (göbekli)	1	3	2	2	2	3	200
İspanak	1	2	1	1	2	3	200
Maydanoz	-	1	1	1	1	2	1 900
Meyvesi yenen sebzeler	118	116	152	169	216	226	91
Domates (sofralık)	30	30	31	41	72	92	206
Hıyar (sofralık)	88	85	120	127	143	132	50
Biber (çarliston)	-	1	1	1	1	2	1 900
Soğan ve sürgünleri yenen sebzeler	6	6	-	-	-	-	-98
Soğan (taze)	6	6	-	-	-	-	-98
TOPLAM	126	128	156	173	221	234	86

Kaynak: TÜİK, 2022

Erzurum ilinde, 2022 yılı verilerine göre 234 da alanda toplam 2 766 ton örtüaltı sebze üretimi yapılmaktadır. İlde yıllar itibarı ile örtüaltı üretim değerleri artan bir ivme sergilemiştir. İlde örtüaltı sebze üretiminin büyük kısmı Uzundere (1 360 ton) ilçesinde yapılırken, bunu sırasıyla İspir (367 ton) ve Tortum (313 ton) ilçeleri takip etmektedir (Tablo 3). En fazla üretimi yapılan türler; meyvesi yenen sebzelerden sofralık hıyar (1 711 ton ve 132 da) ve domates (1018 ton ve 92 da)' tir. Erzurum ilinde, Elazığ ve Erzincan ilinden farklı olarak örtüaltında ıspanak (13 ton) ve maydanoz (4 ton) yetiştiriciliği de yapılmaktadır.

2.4. Van İli Örtüaltı Sebze Tarımı

Van ili, örtüaltı ürün deseni bakımından diğer bölge illerine göre daha çeşitlilik göstermektedir (Tablo 10 ve 11). Van ili, Doğu Anadolu Bölgesi' nde yer almasına karşın, etrafının yüksek dağlarla çevrili

olması ve Van Gölü' nün bulunması nedeniyle mikro klima iklim özelliği göstermekte, buna ilaveten yıllık güneşli gün sayısının fazla olması nedeniyle daha ılıman bir iklim özelliği kazanmaktadır (Kalelioğlu,1991; Tuncer, 2018).

Bunun yanı sıra, ilde 2016 yılında Çaldıran ilçesinde kurulan jeotermal seranın devreye girmesiyle, 2016 yılından sonra özellikle meyvesi tüketilen sebze türlerinin üretiminde kayda değer bir artış görülmüştür. 2022 yılı verilerine göre ilde örtüaltında toplam 189 dekar alanda 2 380 ton sebze üretimi yapılmaktadır. Bu üretimin büyük çoğunluğu sofralık hıyar (1 391 ton 32 da) ve domates (774 ton 59 da) yetiştiriciliğine aittir (Tablo 10 ve 11).

Tablo 10: Van İlinde Örtüaltı Sebzeciliğinin Üretim Miktarları (ton)

Türler	Yıllar						Top Değ (%)
	2012	2014	2016	2018	2020	2022	
Yaprakları yenen sebzeler	93	11	20	32	46	76	-18.3
Marul (göbekli)	4	2	4	14	21	25	525
Marul (kıvrıkcık)	32	4	2	6	11	18	-43.8
Marul (aysberg)	-	-	2	2	4	9	8 900
Maydanoz	57	5	10	8	6	12	-79
Roka	-	-	2	2	4	12	11 900
Meyvesi yenen sebzeler	227	85	1 311	2 314	2 589	2 244	888
Domates (sofralık)	107	50	1 110	1 887	2 024	774	623
Hıyar (sofralık)	80	10	156	333	471	1 391	1 638
Biber (dolmalık)	35	5	10	29	16	9	-74.3

Biber (sivri)	5	20	35	58	66	70	1 300
Biber (çarliston)	-	-	-	7	12	-	-
Kökleri yenen sebzeler	4	4	16	30	25	25	525
Turp (kırmızı)	4	4	16	30	25	25	525
Soğan ve sürgünleri yenen sebzeler	55	5	24	39	35	35	-36.4
Soğan (taze)	55	5	24	39	35	35	-36.4
TOPLAM	379	100	1 371	2 415	2 695	2 380	528

Kaynak: TÜİK, 2022

Tablo 11: Van İlinde Örtüaltı Sebzeçiliğinin Üretim Alanları (dekar)

Türler	Yıllar						Top Değ (%)
	2012	2014	2016	2018	2020	2022	
Yaprakları yenen sebzeler	29	4	10	15	25	25	-13.8
Marul (göbekli)	2	1	2	7	9	9	350
Marul (kıvırcık)	16	2	3	3	8	4	-75
Marul (aysberg)	-	-	1	1	2	3	2 900
Maydanoz	11	1	2	2	2	4	-63.6
Roka	-	-	2	2	4	5	4 900
Meyvesi yenen sebzeler	28	9	68	124	145	150	436
Domates (sofralık)	10	5	46	78	89	59	490
Hıyar (sofralık)	10	1	15	28	5	32	220
Biber (dolmalık)	7	1	2	6	37	41	486
Biber (sivri)	1	2	5	10	11	18	1 700
Biber (çarliston)	-	-	-	2	3	-	-
Kökleri yenen sebzeler	1	1	4	9	8	8	700
Turp (kırmızı)	1	1	4	9	8	8	700
Soğan ve sürgünleri yenen sebzeler	11	1	5	8	9	10	-9.1
Soğan (taze)	11	1	5	8	9	10	-9.1
TOPLAM	69	15	87	156	187	189	174

Kaynak: TÜİK, 2022

2022 TÜİK verilerine göre, ilde örtüaltı sebze üretiminin büyük kısmı Çaldıran (960 ton) ilçesinde yapılırken, bunu sırasıyla Edremit (822 ton) ve Erciş (528 ton) ilçeleri takip etmektedir (Tablo 3).

2.5. Iğdır İli Örtüaltı Sebze Tarımı

Iğdır ili örtüaltı sebze tarımı verileri Tablo 12 ve 13’ de verilmiştir. İlde, toplam 179 da alanda 1 558 ton örtüaltı sebze tarımı yapılmaktadır (TÜİK, 2022).

Örtüaltı yetiştiriciliğinin tamamı yüksek tünellerde yapılmaktadır (Tablo 2). Bu üretimin büyük çoğunluğunun sofralık hıyar (820 ton 51 da) ve domates (436 ton 27 da) yetiştiriciliğine ait olduğu görülmektedir (Tablo 12 ve 13).

Tablo 12: Iğdır İlinde Örtüaltı Sebze Yetiştiriciliğinin Üretim Miktarları (ton)

Türler	Yıllar						Top Değ (%)
	2012	2014	2016	2018	2020	2022	
Yaprakları yenen sebzeler	4	4	24	42	60	302	7 450
Marul (göbekli)	2	2	12	21	30	150	7 400
Marul (kıvırcık)	2	2	12	21	30	152	7 500
Meyvesi yenen sebzeler	53	53	169	448	480	1 256	2 270
Domates (sofralık)	27	27	78	208	240	436	1 515
Hıyar (sofralık)	26	26	91	240	240	820	3 054
TOPLAM	57	57	193	490	540	1 558	2 633

Kaynak: TÜİK, 2022

Tablo 13: Iğdır İlinde Örtüaltı Sebzeciliğinin Üretim Alanları (dekar)

Türler	Yıllar						Top Değ. (%)
	2012	2014	2016	2018	2020	2022	
Yaprakları yenen sebzeler	2	2	14	14	20	101	4 950
Marul (göbekli)	1	1	7	7	10	50	4 900
Marul (kıvrıkcık)	1	1	7	7	10	51	5 000
Meyvesi yenen sebzeler	8	8	26	28	30	78	875
Domates (sofralık)	4	4	12	13	15	27	575
Hıyar (sofralık)	4	4	14	15	15	51	1 175
TOPLAM	10	10	40	42	50	179	1 690

Kaynak: TÜİK, 2022

2.6. Ağrı İli Örtüaltı Sebze Tarımı

Ağrı ilinde 2022 yılı TÜİK verilerine göre, 40 da alanda toplam 884 ton örtüaltı sebze üretimi yapılmakta (Tablo 14), bu üretimin tamamı cam seralarda gerçekleştirilmektedir (Tablo 2). İl, ürün deseni bakımından diğer illere göre fakir olup, üretim değerinin tamamı sofralık domates yetiştiriciliğine aittir (Tablo 14). Bununla birlikte ilde TÜİK verilerine göre, örtüaltı sebze tarımına 2016 yılında başlanmış, 2022 yılında, 2016 yılına göre üretim alanında % 2' lik artış olmasına rağmen, üretim değerinde % 55.8 oranında dramatik bir azalış görülmektedir (Tablo 14).

Tablo 14: Ağrı ilinde örtü altı sebzeciliğinin yıllara üretim miktarları (ton) ve alanı (dekar)

Türler	Yıllar								Top. Değ. (%)
	2016		2018		2020		2022		
	Ü	A	Ü	A	Ü	A	Ü	A	
Domates (sofralık)	2 001	39	2 520	45	1 440	48	884	40	-55.8 (Ü) 2 (A)
TOP.	2 001	39	2 520	45	1 440	48	884	40	

Kaynak: TÜİK, 2022, Ü: üretim, A: alan

2.7. Diğer İllerde Örtüaltı Sebze Tarımı

TÜİK verilerine göre, Malatya ilinde örtüaltı sebze tarımı oldukça yeni olup, geçmişi 2020 yılına dayanmaktadır. 2022 yılı verilerine göre toplam 25 da alanda 302 ton sebze üretimi yapılmaktadır. Bu üretimin büyük kısmı sofralık domates üretimine (234 ton) aittir (Tablo 15).

Tablo 15: Malatya ilinde örtü altı sebzeçiliğinin yıllara üretim miktarları (ton) ve alanı (dekar)

Türler	2020		2022		Top. Değ. (%)
	Üretim	Alan	Üretim	Alan	
Meyvesi yenen sebzeler	205	16	301	24	46.8 (Ü) 50 (A)
Domates (sofralık)	164	12	234	17	42.6 (Ü) 41.6 (A)
Hıyar (sofralık)	17	2	43	5	153 (Ü) 150 (A)
Biber (dolmalık)	24	2	24	2	-
Yaprakları yenen sebzeler	-	-	1	1	900 (Ü) 900 (A)
Marul (göbekli)	-	-	1	1	900 (Ü) 900 (A)
TOPLAM	205	16	302	25	47.3 (Ü) 56.2 (A)

Kaynak: TÜİK, 2022, Ü: üretim, A: alan

Bingöl ilinde ise 2018 yılında başlanan örtüaltı tarımında sadece sofralık hıyar üretimi yapılmakta ve yıllar itibarıyla giderek azalan bir eğilim olduğu görülmektedir (Tablo 16).

Tablo 16: Bingöl ilinde örtü altı sebzeçiliğinin yıllara üretim miktarları (ton) ve alanı (dekar)

Türler	2018		2020		2022		Top. Değ. (%)
	Ü	A	Ü	A	Ü	A	
Hıyar (sofralık)	1 000	40	552	24	250	10	-75
TOPLAM	1 000	40	552	24	250	10	-75

Kaynak: TÜİK, 2022, Ü: üretim, A: alan

Hakkari örtüaltı sebze üretim ve alan değerleri Tablo 17 ve 18’ de verilmiştir. İlde 2022 yılı verilerine 44 da alanda 113 ton sebze üretimi yapılmaktadır. İl örtüaltı sebzeciliği bakımından artış gösterme eğiliminde olup, ilde ağırlıklı olarak sofralık domates (71 ton) yetiştiriciliği yapılmaktadır.

Tablo 17: Hakkari ilinde örtü altı sebzeciliğinin yıllara üretim miktarları (ton)

Türler	2012	2014	2016	2018	2020	2022	Top. Değ. (%)
Domates (sofralık)	6	12	26	8	13	71	1 083
Hıyar (sofralık)	-	-	23	5	13	26	25 900
Biber (dolmalık)	-	-	-	-	1	16	15 900
TOPLAM	6	12	49	13	27	113	1 783

Kaynak: TÜİK, 2022

Tablo 18: Hakkari ilinde örtü altı sebzeciliğinin üretim alanları (dekar)

Türler	2012	2014	2016	2018	2020	2022	Top. Değ. (%)
Domates (sofralık)	1	2	5	3	5	19	1 800
Hıyar (sofralık)	-	-	4	2	5	14	13 900
Biber (dolmalık)	-	-	-	-	1	11	10 900
TOPLAM	1	2	9	5	11	44	4 300

Kaynak: TÜİK, 2022

2012-2022 yılları arasında Tunceli ili örtüaltı sebze tarımı değerleri Tablo 19 ve 20’ de sunulmuştur. İlde örtüaltında sofralık hıyar yetiştirilmekte birlikte, 2022 yılında 2012 yılına göre üretimde % 44.2’ lik bir azalış olduğu görülmektedir.

Tablo 19: Tunceli ilinde örtü altı sebzeciliğinin yıllara üretim miktarları (ton)

Türler	2012	2014	2016	2018	2020	2022	Top. Değ. (%)
Hıyar (sofralık)	43	47	33	39	60	24	-44.2
TOPLAM	43	47	33	39	60	24	-44.2

Kaynak: TÜİK, 2022

Tablo 20: Tunceli ilinde örtü altı sebzeciliğinin üretim alanları (dekar)

Türler	2012	2014	2016	2018	2020	2022	Top. Değ. (%)
Hıyar (sofralık)	6	6	4	5	10	4	-33.3
TOPLAM	6	6	4	5	10	4	-33.3

Kaynak: TÜİK, 2022

SONUÇ

Burada sunulan çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesi illerinin örtüaltı sebze tarımı değerlendirilmiştir. Bölge örtüaltı sebze tarımında, Türkiye genelinde üretimde % 0.49 pay ile (40 224 ton), alan bakımından ise % 0.4 oran ile (2 773 da) 5. sırada yer almaktadır. Bölgede örtüaltı sebze yetiştiriciliği, Elazığ (% 53.4) ve Erzincan (% 26.3) illerinde daha yoğun olarak yapılırken, bu illeri sırasıyla Erzurum (% 6.8), Van (% 5.8) ve Iğdır (% 3.8) illeri izlemektedir. Bölge illerinde örtüaltı sebze tarımında ağırlıklı olarak polietilen seralarda kullanılırken, Iğdır ilinde üretimin tamamının yüksek tünellerde, Ağrı ilinde ise cam seralarda yapıldığı belirlenmiştir. Örtüaltı sebze tarımının daha yoğun olarak yapıldığı Elazığ, Erzincan, Erzurum ve Van illerinde 2012 yılından 2022 yılına kadarki süreçte yıllar itibarı ile üretim miktarlarında artış olmuştur. Bu durum, karasal iklime sahip olan Doğu Anadolu Bölgesi' nde mevsim koşullarının elverişli olmadığı dönemlerde vejetasyon süresini uzatabilmek, pazara geç veya erken ürün sunabilmek ve böylece kar elde etmek amacıyla üreticiler tarafından örtüaltı sebzeciliğinin tercih edilir durumda olduğunun göstergesidir. Bölge illerinde örtüaltında daha çok sofralık domates ve hıyar yetiştiriciliği yapılmaktadır. Ürün çeşitliliği bakımından ise Van ili dikkat çekmektedir. Van ilinde meyvesi tüketilen sebze türlerinin

yanı sıra, yaprakları tüketilen sebzelerden marul (göbekli, kıvırcık, aysberg), maydanoz, roka, ıspanak, soğan ve sürgünleri tüketilen sebzelerden taze soğan, kökleri tüketilen sebzelerden turp (kırmızı) yetiştiriciliği de yapılmaktadır. Iğdır ili ise yaprakları tüketilen sebze türlerinden marul (göbekli ve kıvırcık) yetiştiriciliğinde bölge illeri arasında ilk sırada yer almaktadır.

KAYNAKLAR

- Cinemre, H.A , & Kılıç O. (2015). Tarım ekonomisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No:11, (5.baskı), Samsun.
- Kalelioğlu, E. (1991). Van ovasının iklim özellikleri. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 35(2), 155-166.
- Sevgican, A, Tüzel, Y., Gül, A., & Eltez, R.Z. (2000). Türkiye’ de örtüaltı yetiştiriciliği, Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, 17-21 Ocak 2000, Ankara
- Sevgican, A. (2002). Örtüaltı sebzeçiliği. Cilt I, E.Ü. Zir.Fak.Yay., No:528, 476 s.
- TUİK. (2022). <https://www.tuik.gov.tr/>. (Erişim Tarihi: 10.05.2023)
- Tuncer, B. (2018). Van ili sebzeçiliğinin mevcut durumu. Ahtamara Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi, Van, Türkiye, 25 - 26 Ağustos 2018, ss.9-16
- Tüzel, Y., & Gül, A. (2008). Seracılıkta yeni gelişmeler. Ege Tarımsal Araş. Ens. Yayın, 133, 145-160.
- Tüzel, Y.; Gül, A.; Öztekin, B.G.; Engindeniz, S.; Boyacı, F.; Duyar, H.; Cebeci, E.; Durdu, T. (2020). Türkiye’ de örtüaltı yetiştiriciliği ve yeni gelişmeler. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, Ankara, Turkey, 13–17 Ekim 2020.

BÖLÜM 5

BITKİ GELİŞİMİNİ UYARAN RİZOBAKTERİLER VE SEBZELERDE KULLANIM OLANAKLARI

Doç. Dr. Aytekin EKİNCİALP¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8284957>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Başkale Meslek Yüksekokulu, Organik Tarım Programı, Van, Türkiye. aytekinekincialp@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1500-3215

GİRİŞ

Dünya’ da tarımsal alanların giderek azalmasına paralel olarak nüfus artışının da hızla artması gıda temininde zorluklara neden olmaktadır. Oluşan gıda talebini karşılamak için de bilinçsiz kimyasal gübre, hormon ve ilaç kullanımı artarak (İlter ve Altındışli, 2002), canlıların direkt yada dolaylı olarak zarar görmesine neden olmaktadır (Hossain ve ark., 2000; Öztemiz, 2008). Gün geçtikçe ekolojii tehdit eden bu yaklaşımlara karşı doğal kaynakların etkin ve sağlıklı kullanımını hedef alan sürdürülebilir tarım sistemlerinin gerekliliği zorunlu hale gelmiştir. Bunun neticesinde, iyi tarım uygulamalarına olan ihtiyaç her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. (Eryılmaz ve Kılıç, 2018). İyi tarım uygulamaları, yanlış tarım uygulamalarıyla zarar gören doğal dengeyi yeniden kurmaya ve sürdürülebilirliği amaç edinen üretim sistemlerini kapsayan, toprak verimliliğini koruyarak devamlılığını sağlayan, hastalık ve zararlıları biyolojik mücadele yöntemleriyle kontrol altına alan, üretimde sadece verim artışını değil kalitenin yükselmesini de amaçlayan bir üretim yöntemidir (Taşbaşlı ve ark., 2003; Kurtar ve Ayan, 2004; Çakmakçı ve Erdoğan, 2005).

Tarımın önemli bir dalını oluşturan sebzelerin üretiminde iyi tarım uygulamalarına katkı sağlayacak olan ve konvansiyonel gübre uygulamaları ile kombine bir şekilde tatbik edilebilen organik içerikli bazı biyolojik ajanlar, bitkilerin besin elementleri ve su alımına, toprak strüktürünün düzenlenmesine katkı sağlayarak bitki gelişimini artırması suretiyle ürün kalitesini ve verimini olumlu yönde etkileyen; aynı

zamanda bitkilerin maruz kalabildiği farklı stres koşullarına dayanıklılığını arttıran içeriklerdir.

Bu bölümde bitki gelişim parametrelerine pozitif etki eden rizobakteriler ve bunların mekanizmaları hakkında bilgiler paylaşılmış olup, bu mikroorganizmaların sebze yetiştiriciliğinde kullanımları ile ilgili yapılan yeni akademik çalışmalar doğrultusunda projeksiyon oluşturulmaya çalışılmıştır.

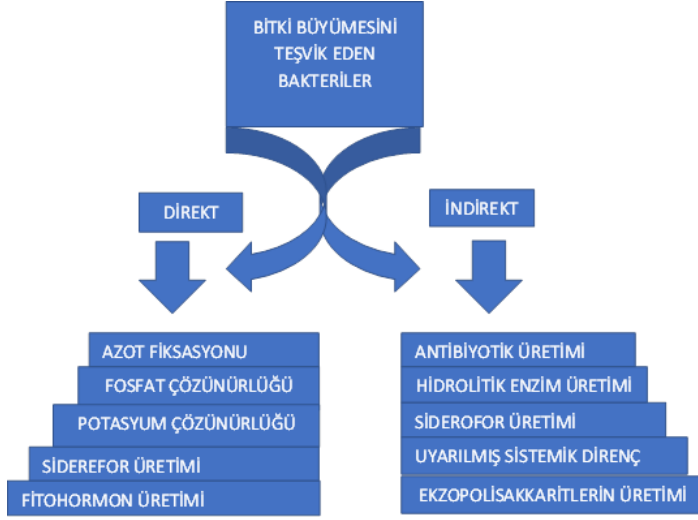
1. BİTKİ GELİŞİMİNİ UYARAN RİZOBAKTERİLER

Bitkilerin kökleri, mikrobiyal etkinliğin yoğun olarak yaşandığı bir bölgedir. Bitki rizosferine yerleşerek kök yüzeyinde bulunan mikro habitatlarda çoğalabilen, etki ettiği alanlarda bulunan patojen organizmaların zararlı etkilerini ürettiği bileşikler yoluyla dolaylı olarak önleyen veya bitkiye besin elementi alımını kolaylaştıran bir bileşiği sağlayarak direkt gelişimine katkı sağlayan organizmalara “Bitki Büyümesini Teşvik Edici Rizobakteriler” adı verilmektedir (Kloepper, 1994; Glick, 1995; Patten ve Glick, 2002; Glick ve ark., 2007). Günümüzde birçok ülkede bu organizmalar üzerinde yapılan araştırmalar incelendiğinde bu bakterilerin genelde *Acinetobacter*, *Staphylococcus*, *Azotobacter*, *Clostridium*, *Klebsiella*, *Achromobacter*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Aereobacter*, *Paenibacillus*, *Pantoea*, *Agrobacterium*, *Lactobacillus*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Rhodobacter*, *Rhodospirillum*, *Flavobacterium*, *Acetobacter*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia*, *Xanthomonas*, *Bradyrhizobium*, *Flavobacterium*, *Gluconacetobacter*, *Klebsiella*,

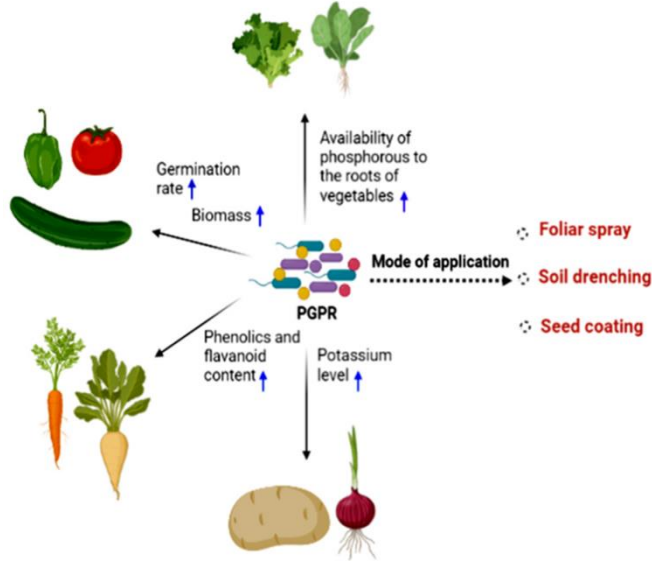
Kosakonia, *Paenibacillus*, *Pantoea*, *Stenotrophomonas* ve *Serratia* genusları içinde oldukları görülmektedir (Montesinos ve ark., 2002; Somers ve ark., 2004; Bent, 2006; Pozo ve Azcón-Aguilar, 2007; Dutta ve Podile, 2010; Xing ve ark., 2016, Solanki ve ark., 2017). Bu bakteriler arasında *Pseudomonas* ve *Bacillus* genusları bitki gelişimini uyarıcı etkilerinin yanında patojenlerle mücadelede çok iyi antagonistik özelliklere sahip olmalarından dolayı önemlidirler.

Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR), rizosferin etrafını sararak toprakta yaşayan, kök korteks hücreleri arasında bulunan boşluklarda kolonize olabilen, “Hücre Dışı Bakteriler” ve bitki hücrelerinin içinde nodül olarak bilinen yapıların içinde kolonize olabilen “Hücre İçi Bakteriler” olarak sınıflandırılmaktadır (Gray ve Smith, 2005; Martinez-Viveros ve ark., 2010; Ahemad ve Kibret, 2014; Dönmez, 2019). Rizobakteri suşları, toprağa muamele edilerek, şaşırtma işlemi esnasında kökleri bakteri süspansiyonuna bandırarak, bitki yüzeyine spreyleyerek veya ekim öncesi tohumları bakteriyle kaplayarak uygulanmaktadır (Ahirwar ve ark., 2015).

Bakterilerin bitki büyümesini teşvik eden birçok etki mekanizmaları bulunmaktadır. Bu mekanizmalar direkt ve indirekt olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Şekil 1). PGPR' nin uygulama yöntemleri ve öngörülen stratejiler Şekil 2' de özetlenmiştir.



Şekil 1: Bitki Gelişimini Destekleyen Bakterilerin Bitki Gelişimini Doğrudan ve Dolaylı Olarak Etkilediğini Gösteren Şema (Gupta ve ark., 2015).



Şekil 2: PGPR' nin Sebzelere Uygulanması ve Bitki Büyümesini Teşvik Etmek İçin Öngörülen Stratejileri (Kumar ve ark., 2021).

2. BİTKİ BÜYÜMESİNİN UYARILMASINDA DİREKT ETKİLERİ

2.1. Azot Fiksasyonu

Bitki büyümesi ve üretkenliği için en hayati besin maddelerinden biri olan azot, atmosferin %78' ini oluşturmasına rağmen bitkiler tarafından kullanılamaz. Çünkü bitkiler atmosferik dinitrojeni amonyağa bağlama ve onu büyümesi için doğrudan harcama yeteneğine sahip değildir. Bu nedenle atmosferik azot, nitrojenaz olarak bilinen karmaşık bir enzim sistemi kullanan azot sabitleyici mikroorganizmalar tarafından azotu amonyağa dönüştüren biyolojik azot fiksasyonu ile bitkilerin kullanabileceği formlara dönüştürülür (Bhattacharyya ve Jha, 2012; Gaby ve Buckley, 2012).

Azot fiksasyonu özelliğine sahip bakteri suşları iki kategoride sınıflandırılır. Birinci kategori, bitkilerin köklerinde nodül oluşturmak için bazı bitki türlerine özelleşmiş simbiyotik bakterileri içerir. Örneğin, *Rhizobium* suşlarının baklagillerde kök içerisine girmesi ve içinde azot bulunan nódüller oluşturması ile fiksasyonun gerçekleşmesi verilebilir. İkinci kategori, simbiyotik olmayan, fakat azot fiksasyonu sağlayan bakterilerdir. Bu kategorinin içinde *Azoarcus*, *Azotobacter*, *Acetobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Diazotrophicus*, *Enterobacter*, *Gluconacetobacter*, *Pseudomonas* bakteri türleri örnek gösterilebilir (Goswami ve ark., 2015). Bu kategoride incelenen bakteriler bitkinin dokusuna nüfus etmese de bakterilerin çok yakın yaşadığı yerlerde bitki kökleri ile ilişki kurabilmektedirler.

2.2. Fosfat Çözünürlüğü

Fosfor, azottan sonra bitkiler için en sınırlayıcı besin elementlerinden biridir. Yüksek miktarda rezervi olmasına rağmen bitkilerin alımı için uygun formda değildir. Bitkiler sadece fosfatın çözünebilir formları olan monobazik (H_2PO_4) ve dibazik (HPO_4^{2-}) iyonları absorbe eder (Jha ve Saraf, 2015). Topraktaki bazı kök bakterileri, bitkiler tarafından kullanılmayan yapıdaki fosforu salgıladıkları glukonik asit, sitrik asit gibi organik asitler ve H^+ (proton) pompalanması sonucu toprak pH' sını etkilemek suretiyle çözmekte, bunun sonucunda da bitkiler tarafından alınabilir ve kullanılabilir forma dönüştürmektedir (Altın ve Tayyar, 2005). Bu kök bakterileri arasında, *Bacillus megaterium*, *B. circulans*, *B. coagulans*, *B. subtilis*, *P. polymyxa*, *B. sircalmous* ve *Pseudomonas striata* önemli strainler olarak gösterilebilir (Whitelaw, 1999; Govindasamy ve ark., 2011; Bhattacharyya ve Jha, 2012).

2.3. Potasyum Çözünürlüğü

Potasyum, bitkilerin gelişiminde önemli üçüncü besin elementidir. Topraktaki çözünebilir potasyum oranı genellikle düşük seviyelerdedir. Topraktaki potasyumun büyük bir kısmı çözünmeyen kayaçlar ve silikat mineral formunda bulunur (Pal ve ark., 2001). Bunun yanında yetiştiricilikte, dengesiz gübreleme ile de yeterli potasyum almayan bitkilerin gelişiminde büyük sorunlar yaşanabilir. Bitki büyümesini uyaran rizobakteriler glikonik ve süksinik asit gibi organik asitlerin üretimi ve salgılanması yoluyla çözünmeyen potasyum kaynaklarını bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürebilir (Kumar ve

Dubey, 2012; Parmar ve Sindhu, 2013; Zarjani ve ark., 2013; Gupta ve ark., 2015). *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Bacillus edaphicus*, *Bacillus mucilaginosus*, *Burkholderia*, *Paenibacillus sp.* ve *Pseudomonas* bakterilerinin topraktaki potasyum içeren minerallerden erişilebilir formda potasyum alımına etkileri oldukları bildirilmiştir (Liu ve ark., 2012; Verma ve ark., 2017).

2.4. Siderefor Üretimi

Bitkiler için temel bir besin maddesi olan demir; solunum, fotosentez ve azot fiksasyonu gibi önemli fizyolojik olaylar için gerekli birçok enzimde kofaktör olarak rol oynadığından dolayı eksikliği durumunda önemli derecede metabolik değişimlere yol açar (Payne, 1994). Toprakta bolca bulunmasına rağmen kullanılabilir serbest iyon formunda kısıtlı oranlarda bulunur. Bakteriler, topraktaki sınırlı miktardaki demiri alabilmek için moleküler ağırlığı düşük demir iyonlarıyla uyumlu, suda çözünebilen sideroforları (demir taşıyıcılar) sentezler. Bunun sonucunda sidereforlar, topraktaki demir iyonlarını alarak hücre içine taşır (Payne, 1994; Altın ve Tayyar, 2005; Ma, 2005).

2.5. Fitohormon Üretimi

2.5.1. İndol Asetik Asit (IAA)

İndol asetik asit, fitohormonlar arasında düşük konsantrasyonlarının kök büyümesi üzerinde olumlu etkisi olan en yaygın doğal oksindir. Ayrıca, hücre bölünmesi, genişlemesi ve farklılaşması, fotosentez ve pigment oluşumuna etkisi gibi birçok olaya aracılık eder. Kök bakterilerinin yaklaşık %80' inin bitki gelişimini düzenleyen IAA ürettikleri belirtilmektedir (Patten ve Glick, 2000;

Shilev, 2013). *Agrobacterium tumefaciens*, *Agrobacterium rhizogenes*, *Erwinia herbicola* ve *Pseudomonas syringae* gibi patojenlerin yanında *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Bacillus*, *Enterobacter* ve *Klebsiella* gibi bitki gelişimini uyarıcı bakterilerin bulunduğu genusların IAA ürettikleri bildirilmektedir. (Patten ve Glick, 2000; Shilev, 2013).

2.5.2. Sitokinin-Giberellin

Sitokininler, mikroorganizmalar tarafından üretilen başka bir fitohormon sınıfını temsil etmektedir. Sitokininlerin, bitkilerde yaprak genişlemesi, dallanma, klorofil üretimi, kök büyümesi, tohum çimlenmesinin teşvik edilmesi ve yaşlanmanın geciktirilmesi gibi bir dizi olaya etki ettikleri bilinmektedir (Leibfried, 2005; Wong ve ark., 2015). Sitokininlerin, *Azospirillum* ve *Pseudomonas spp.* bakterileri tarafından üretildiği (Gaudin ve ark., 1994) ve bunun yanında da *Rhizobium leguminosarum*, *Paenibacillus polymyxa* ve *Pseudomonas fluorescens* gibi birkaç PGPR suşunun da sitokinin ürettiği belirtilmektedir (Bent ve ark., 2001; Vessey, 2003; Kaymak, 2011). Giberellin üreten mikroorganizmalar hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. *R. phaseoli*, *A. lipoferum*, *Azospirillum brasilense*, *Acetobacter diazotrophicus*, *Herbospirillum seropedicae*, *Bacillus licheniformis*, *B. pumilus*, *Bacillus cereus* MJ-1, *Bacillus macroides* CJ-29 gibi bakterilerin giberellin ürettiği fakat bu durumun güçlü kanıtlar oluşturmadığı bildirilmektedir (Kaymak, 2011).

3. BİTKİ BÜYÜMESİNİN UYARILMASINDA İNDİREKT ETKİLERİ

3.1. Antibiyotik Üretimi

Fitopatojenlerin çoğalmasını önlemek için en etkili mekanizmalardan biri rizobakteriler tarafından sentezlenen antibiyotiklerdir. *Bacillus sp.* ve *Pseudomonas sp.* antibiyotik üretmeleri nedeniyle patojenleri engelleyen rizobakterilerin başında gelmektedir (Ulloa-Ogaz ve ark., 2015; Kaya Özdoğan, 2020). Mantar ve bakteri suşlarından yalıtılmış birçok antibiyotiğin, patojenlerin hücre duvarı sentezini önleyen, hücrelerin zar yapılarını bozan ve ribozomun protein sentezi başlatma komplekslerinin oluşumu üzerine engelleyici özelliklere sahip olduğu belirtilmektedir (Maksimov ve ark., 2011; Kaya Özdoğan, 2020). Bakteriler tarafından amphisin, butyrolactones, 2,4-diacetylphloroglucinol (DAPG), cyclic lipopeptide, HCN, kanosamine, oligomycin A, oomycin A, phenazine- 1-carboxylic acid (PCA), pyoluterin (Plt), pyrrolnitrin (Pln), tensin, tropolone, viscosinamide, xanthobaccin, ve zwittermycin gibi metabolitler üretildiği bildirilmektedir (Nielsen ve ark., 2002; Raaijmakers ve ark., 2002; De Souza ve ark., 2003; Compant ve ark., 2005; Akhtar ve Siddiqui, 2011).

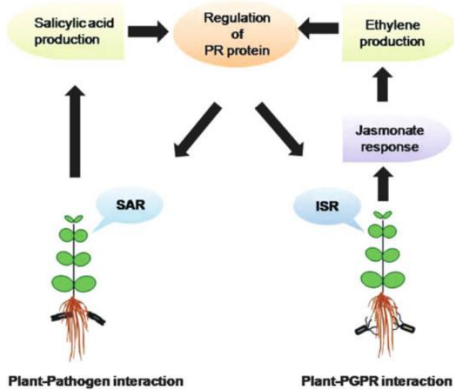
3.2. Hidrolitik Enzim Üretimi

Toprak kaynaklı patojenleri kontrol altına alabilmek için rizobakteriler tarafından yönetilen diğer bir mekanizma enzimatik aktivitedir. Rizobakteriler, chitinases, dehydrogenase, β -glucanase, lipases, phosphatases, proteases gibi enzimleri ile hücre duvarı

hidrolazları salgılayarak patojenlere saldırır (Hayat ve ark., 2010; Joshi ve ark., 2012).

3.3. Uyarılmış Sistemik Direnç

Uyarılmış sistemik direnç (ISR) fenotipik olarak sistemik kazanılmış dirence (SAR) benzer (Şekil 3). Fakat ISR, belirli bir çevresel uyarana yanıt şeklinde oluşan ve salisilik asit, siderofor, lipopolisakarit, flagella, ve antibiyotik üretimi ile gerçekleşmektedir. ISR ve SAR arasındaki fark SAR nekrotize olmuş patojenlerle inokulasyonundan sonra sistematik olarak uyarılırken ISR patojenik olmayan bakteriler tarafından uyarılır. SAR, bitkilerde uyarım molekülü olarak salisilik asite ihtiyaç duyarken ISR, salisilik asitten bağımsızdır ve jasmonik ile etilen uyarımı içerir (Van Peer ve ark., 1991; Akhtar ve Siddiqui, 2011; Kaya Özdoğan, 2020). *Bacillus*, *Pseudomonas* ve enterobakterilerde bu biyolojik kontrol mekanizmasının yaygın olarak yaşandığı bildirilmektedir (Jourdan ve ark., 2009; Kaya Özdoğan, 2020).



Şekil 3: Bitkilerde Hastalık Direncinden Sorumlu Uyarılma Mekanizmaları (Akhtar ve Siddiqui, 2011).

3.4. Ekzopolisakkaritlerin Üretimi

Bazı bakteriler geniş bir yelpazede hücre içi, hücre dışı ve yapısal olarak polisakkaritler sentezler. Ekzopolisakkaritler (EPS), bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler tarafından salgılanan karbonhidrat polimerleridir. Ekzopolisakkaritlerin üretimi genellikle biyofilm oluşumunda önemlidir. Bitki köklerinin EPS üreten bakteriler tarafından etkili bir şekilde kolonize edilmesi, serbest fosforun toprakta çözünmeyen fosfordan tutulmasına ve toprakta dolaşmasına yardımcı olur. Uygun büyüme ve gelişme için bitkiye gerekli besin maddesi alımını sağlar ve yabancı patojenlerin saldırısından korur (Gupta ve ark., 2015). Ekzopolisakkaritlerin üretimi *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* gibi suşlarda rapor edilmiştir (Vimala ve Lalithakumari, 2003).

4. BİTKİ BÜYÜMESİNİ TEŞVİK EDEN RİZOBAKTERİLERİN SEBZELERDE VERİMLİLİK ÜZERİNE ETKİLERİ

Farklı rizobakterilerin etkileri farklı sebze türlerinde son çalışmalarla açıklanmaya çalışılmıştır. Domateste; soğuk stresini engelleme (Vega-Celedón ve ark., 2021), kuraklık toleransını artırma, su ve besin maddesi alımında artış (Papadopoulou ve ark., 2022), düşük azot şartlarında bitki büyümesi ve gelişiminde artış (Zuluaga ve ark., 2020), azot (N), fosfor (P) ve demir (Fe) elementlerinin alımında artış (Gupta ve ark., 2020; Cochard ve ark., 2022), *Alternaria solani* etkilerinin iyileştirilmesi (Attia ve ark., 2020), vejetatif büyümede gelişme (Inculet ve ark., 2019), *Phytophthora capsici* patojeninin

büyüme yükünde azalma (Syed-Ab-Rahman ve ark., 2019), bitki boyu, gövde çapı, kök hacmi, yaprak ve gövde parametrelerinde gelişme (Cervantes-Vázquez ve ark., 2021) gibi etkiler sayılabilir (Tablo 1).

Tablo 1: Domateste Rizobakterilerin Çeşitli Etkileri

Rizobakteriler	Etkileri	Kaynaklar
<i>Enterobacter mori</i> (C3.1), <i>Enterobacter</i> sp. (C1.2 ve C1.5); <i>Paenibacillus</i> sp. (DN1.2), <i>Lelliottia</i> sp. (D2.4)	Vegetatif büyümede gelişme	(Inculet ve ark., 2019)
<i>Bacillus velezensis</i> (UQ156) <i>B.</i> <i>amyloliquefaciens</i> (UQ154) <i>Acinetobacter</i> sp. (UQ202)	<i>Phytophthora capsici</i> patojeninin büyüme yükünde azalma	(Syed-Ab- Rahman ve ark., 2019)
<i>Rhizobium</i> sp.	Düşük azot şartlarında bitki büyüme ve gelişiminde artış	(Zuluaga ve ark., 2020)
<i>Klebsiella</i> sp. (CPSB4) ve <i>Enterobacter</i> sp. (CPSB49)	N, P ve Fe elementlerinin alımında artış	(Gupta ve ark., 2020)
<i>Bacillus subtilis</i> (SBMP4), <i>Lysinibacillus</i> <i>fusiformis</i> (NBRC15717) <i>Achromobacter xylosoxidans</i> (NBRC15126)	<i>Alternaria solani</i> etkilerinin iyileştirilmesi	(Attia ve ark., 2020)
<i>Pseudomonas</i> sp., <i>Curtobacterium</i> sp.	Soğuk stresini engelleme	(Vega-Celedón ve ark., 2021)
<i>Pseudomonas lini</i>	Bitki boyu, gövde çapı, kök hacmi, yaprak ve gövdede gelişme	(Cervantes- Vázquez ve ark., 2021)
<i>Pseudomonas putida</i> (SAESo11)	Kuraklık toleransını artırma, su ve besin maddesi alımında artış	(Papadopoulou ve ark., 2022)
<i>Bacillus aryabhat- tai</i> (B29), <i>B.</i> <i>safensis</i> (B23), <i>B. subtilis</i> (B25), <i>B. subtilis</i> (B18), <i>Pseudomonas moraviensis</i> (B6) ve <i>B. simplex</i> (B19)	Fosfor alımının iyileştirilmesi	(Cocharde ve ark., 2022)

Biberde; N ve P elementlerinin alımında artış (He ve ark., 2019), *Phytophthora capsici*' yi baskılayarak bitki veriminde artış (Hyder ve ark., 2020), bitkilerde uzunluk, kök çapı, çimlenme yüzdesi ve canlılık

indekslerinde gelişme (Ureche ve ark., 2021), indol asetik asit ve siderofor üretimi, P miktarında artış (Linu ve ark.,2019), fide çıkışı ve boyları, meyve veriminde artış (De la Cruz ve ark., 2021), catalase, peroxidase, ascorbate peroxidase, ve superoxide dismutase gibi savunma ile ilgili enzimlerin biyosentezini tetikleme ve büyüme parametrelerinde artış (Aeini ve ark., 2021), agronomik parametrelerde artış (Akinola ve ark., 2022) olmuştur (Tablo 2).

Tablo 2: Biberde Rizobakterilerin Çeşitli Etkileri

Rizobakteriler	Etkileri	Kaynaklar
<i>Pseudomonas putida</i> (Rs-198)	N ve P elementlerinin alımında artış	(He ve ark., 2019)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> izolatları	Indol asetik asit ve siderofor üretimi, P miktarında artış	(Linu ve ark., 2019)
<i>Pseudomonas putida</i> (RWPRB03, RBT7), <i>P. libanensis</i> (RB09), <i>P. aeruginosa</i> (AJ-RB13), <i>Bacillus subtilis</i> (DKB53), <i>B. megatarium</i> (AJ-RB22), <i>B. cereus</i> (KSL-24, KSL-8T)	<i>Phytophthora capsici</i> 'yi baskılayarak bitki veriminde artış	(Hyder ve ark., 2020)
<i>Cellulosimicrobium</i> (60I1), <i>Ochrobactrum</i> (53F), <i>Enterobacter</i> (64S1), <i>Pseudomonas</i> (42P4) ve <i>Azospirillum brasilense</i> (Az39)	Kombinasyon halinde kullanıldıklarında bitkilerde uzunluk, kök çapı, çimlenme yüzdesi ve canlılık indekslerinde etkili olmuşlardır.	(Ureche ve ark., 2021)
<i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>Pseudomonas spp</i> , <i>P. fluorescens</i> , <i>Azospirillum</i> suşları	Fide çıkışı ve boyları, meyve veriminde artış	(De la Cruz ve ark., 2021)
<i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>P. putida</i> ve <i>Bacillus</i>	Catalase, peroxidase, ascorbate peroxidase, ve superoxide dismutase gibi savunma ile ilgili enzimlerin biyosentezini tetiklemiştir. Büyüme parametrelerinde artış gözlenmiştir.	(Aeini ve ark., 2021)
<i>Burkholderia vietnamiensis</i> AU2011 ve <i>Burkholderia sp.</i>	Agronomik parametrelerde artış	(Akinola ve ark., 2022)

Patlıcanda; N, P, potasyum (K), Fe ve çinko (Zn) alımında artış (Al-Fahdawi ve Allawi, 2019), meyve ağırlığı ve sayısı, bitki verimi, toplam verim ve antosiyanin parametrelerinde artış (Kul, 2022),

Verticillium dahliae' ye karşı savunma ile ilişkili peroxidase, polyphenol oxidase, phenylalanine ammonium lyase ve β -1,3 glucanase enzimlerinde artış (Bilginturan ve Karaca, 2021), kuraklık koşulları altında K, kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) elementlerinde artış (Kiran ve ark., 2022), vejetatif büyümenin artması, erken çiçeklenme, çiçek sayısında artışa bağlı olarak meyve bağlama oranının da artma olmuştur (Ünlü ve ark., 2023) (Tablo 3).

Tablo 3: Patlıcanda Rizobakterilerin Çeşitli Etkileri

Rizobakteriler	Etkileri	Kaynaklar
<i>Azotobacter chroococcum</i>	N, P, K, Fe ve Zn alımında artış	(Al-Fahdawi ve Allawi 2019)
<i>Pseudomonas koreensis</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	<i>Verticillium dahliae</i> 'ye karşı savunma ile ilişkili ammoniumlyase, polyphenol, peroxidase, oxidase, phenylalanine ve β -1,3 glucanase enzimlerinde artış	(Bilginturan ve Karaca, 2021)
<i>Bacillus megaterium</i> TV-6D, <i>Paenibacillus polymyxa</i> KIN-37 ve <i>Pantoea agglomerans</i> RK92	Tuzlu koşullarda meyve ağırlığı, meyve sayısı, bitki verimi, toplam verim ve antosiyanin parametrelerinde artış	(Kul, 2022)
<i>Azotobacter chroococum</i> ve <i>Azotobacter vinelandii</i>	Kuraklık koşulları altında K, Ca ve Mg elementlerinde artış	(Kiran ve ark., 2022)
<i>Bacillus megaterium</i> suşları	Erken çiçeklenme, Vejetatif gelişmenin artması, çiçek sayısının artması ve buna bağlı olarak meyve bağlama oranının yükselmesi.	(Ünlü ve ark., 2023)

Hıyarda; tuz stresi altında N, P ve K alımının artması (Ge ve Zhang, 2019), bitki büyümesi ve savunması ile ilgili genlerin uyarılması (Samaras ve ark., 2022), bitki boyu, gövde çapı, kök

uzunluğu, ikincil kökler, meyve boyutu, meyve çapı, meyve veriminde artış ve antioksidan kapasitede iyileşme (Zapata-Sifuentes ve ark., 2022), tohumların fitokimyasal bileşiklerinde artış; çimlenme, çimlenme indeksi, canlılık, plumule ve radikul uzunluklarında önemli ölçüde gelişme (Pérez-García ve ark., 2023), hıyar mozaik virüsüyle enfekte olmuş bitkilerin büyüme indeksleri, yaprak klorofil içeriği, yaprak karotenoid içeriği, yaprak ve köklerde demir, çinko, bakır ve manganez konsantrasyonunun önemli ölçüde yükselmesi (Afzali-Goroh ve ark., 2022), bitki kök yapılarında gelişme, fotosentetik parametrelerde artış, yüksek derecede biyokütle birikiminin tespiti (Wang ve ark., 2022), kabakta; besin alımı, büyüme özellikleri, verim ve verim bileşenleri ile meyve kalitesi üzerinde olumlu etkileri (Abdelrahman ve ark., 2021), toplam çözüner karbonhidrat ve toplam çözüner protein miktarında artış, kabak sarı mozaik virüsü ile mücadele edilen bitkilerde DPPH ve antioksidan enzimlerin (SOD, PPO ve POX) seviyelerinde yükselme (Abdelkhalek ve ark., 2022), marulda; bitki boyu, yaprak sayısı, bitki çapı, kuru ve taze ağırlık ve peroxidase ile polyphenol oxidase üretiminde yoğunluk (Rostaminia ve ark., 2020), fosfat çözünlüğü, IAA, amonyak, HCN ve siderefor üretimi (Al-Turki ve Abdullah, 2021), sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, taze ve kuru biyokütlerde artış, gibberellin ve organik asitlerin üretilmesi ve bitki büyümesinin teşviki (Kang ve ark., 2021), vejetatif büyüme, antioksidan etki ve nitrat birikiminin azalması (Razmjooei ve ark., 2022), bitkilerin büyümesini uyarma, doğal büyüme uyarıcı bileşiklerin sentezi (Kharkhota ve ark., 2023), N, P, K, Ca, Mg ve Fe elementlerinde artışlar (Çelik, 2023) tespit edilmiştir. (Tablo 4 ve 5).

Tablo 4: Hıyarda Rizobakterilerin Çeşitli Etkileri

Rizobakteriler	Etkileri	Kaynaklar
<i>Rhodopseudomonas palustris</i> (G5)	Tuz stresi altında N, P ve K alımında artış	(Ge ve Zhang 2019)
<i>Bacillus subtilis</i> MBI600	Bitki büyümesi ve savunması ile ilgili genleri uyarma	Samaras ve ark., (2022)
<i>Pseudomonas paralactis</i> (KBendo6p7), <i>Sinorhizobium meliloti</i> (KBecto9p6), ve <i>Acinetobacter radioresistens</i> (KBendo3p1)	Bitki boyu, gövde çapı, kök uzunluğu, ikincil kökler, meyve boyutu, meyve çapı, meyve veriminde artış ve antioksidan kapasitede iyileşme	(Zapata-Sifuentes ve ark., 2022)
<i>Pseudomonas fluorescens</i> (VUPf5) ve <i>Bacillus subtilis</i> (GB32, GB12, VRU1)	Hıyar mozaik virüsüyle enfekte olmuş bitkilerin büyüme indeksleri, yaprak klorofil içeriği, yaprak karotenoid içeriği, yaprak ve köklerde demir, çinko, bakır ve manganez konsantrasyonunun önemli ölçüde yükselmesi	(Afzali-Goroh ve ark., 2022)
<i>Bacillus paralicheniformis</i> SX21, <i>Bacillus tequilensis</i> SX31, ve <i>Bacillus velezensis</i> SX13	Bitki kök yapılarında gelişme, fotosentetik parametrelerde artış, yüksek derecede biyokütle birikimi	(Wang ve ark., 2022)
<i>Bacillus cereus</i> (KBEndo4P6), <i>Acinetobacter radioresistens</i> (KBEndo3P1), <i>Pseudomonas paralactis</i> (KBEndo6P7), ve <i>Sinorhizobium meliloti</i> (KBekto9P6)	Tohumların fitokimyasal bileşiklerinde artış; çimlenme, çimlenme indeksi, canlılık, plumule ve radikül uzunluklarında önemli ölçüde gelişme.	(Pérez-García ve ark., 2023)

Tablo 5: Kabak ve Marulda Rizobakterilerin Çeşitli Etkileri

Türler	Rizobakteriler	Etkileri	Kaynaklar
Kabak	<i>Paenibacillus polymyxa</i> (GQ375783.1), <i>Ochrobactrum intermedium</i> (MG309678.1) ve <i>Enterobacter cloacae</i> (MG309676.1)	Besin alımı, büyüme özellikleri, verim ve verim bileşenleri ile meyve kalitesi üzerinde olumlu etkiler	(Abdelrahman ve ark., 2021)

	<i>Paenibacillus polymyxa</i> SZYM	Toplam çözünür karbonhidrat ve toplam çözünür protein miktarında artış, kabak sarı mozaik virüsü ile mücadele edilen bitkilerde DPPH ve antioksidan enzimlerin (SOD, PPO ve POX) seviyelerinde artış	(Abdelkhalek ve ark., 2022)
Marul	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>P. putida</i> , ve <i>P. fluorescens</i>	Bitki boyu, yaprak sayısı, bitki çapı, kuru ve taze ağırlıklar gibi bitki büyüme bileşenlerinde önemli artışlar ve peroxidase ile polyphenol oxidase üretiminde yoğunluk gözlenmiştir.	(Rostaminia ve ark., 2020)
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> AMU, <i>Enterobacter sp.</i> CZGRY7, <i>Bacillus cereus</i> BW-201B, <i>Pseudomonas putida</i> CNE30	Fosfat çözünürlüğü, IAA, amonyak, HCN ve siderofor üretimi	(Al-Turki ve Abdullah, 2021)
	<i>Pseudomonas koreensis</i> MU2	Sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, taze biyokütle ve kuru biyokütlede artış, gibberellin ve organik asitlerin üretilmesi ve bitki büyümesini teşvik	(Kang ve ark., 2021)
	<i>Azotobacter sp.</i>	Vejetatif büyüme, antioksidan etki ve nitrat birikiminin azalması.	(Razmjooei ve ark., 2022)
	<i>Priestia endophytica</i> UCM B-5715	Bitkilerin büyümesini uyarma, doğal büyüme uyarıcı bileşiklerin sentezi	(Kharkhota ve ark., 2023)
	<i>Erwinia chrysanthemi</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Virgibacillus pantothenicus</i> , <i>Bacillus cereus</i> GC subgroup A	Kompostla kombine şekilde baş ağırlığı, yaprak sayısı, gövde uzunluğu ve çapı, N, P, K, Ca, Mg ve Fe içerikleri üzerindeki etkisi ile verim bileşenlerinde etkili.	(Çelik, 2023)

SONUÇ

Tarımsal sektörün önemli bir dalı olan sebze yetiştiriciliğinde faydalı rizobakterilerin kullanımı, sürdürülebilir, güvenli ve sağlıklı bir üretimin sağlanabilmesinin yanında bitki gelişimine, verimine sağladıkları katkı bakımından önemli amaçlar arasında gösterilmelidir. Bu bölümde çeşitli rizobakterilerin kullanım alanları, etki mekanizmaları verilerek, çeşitli sebze türlerinde uygulanarak elde edilen fiziksel ve kimyasal gelişim parametrelerinin sonuçları paylaşılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda rizobakterilerin kullanımının, hem ekolojik zararlanmanın sınırlandırılması hem de insan sağlığının korunması açısından önemli materyaller olduğu aşıkardır.

KAYNAKLAR

- Abdelkhalek, A., Al-Askar, A.A., Elbeaino, T., Moawad, H., & El-Gendi, H. (2022). Protective and curative activities of *Paenibacillus polymyxa* against Zucchini yellow mosaic virus infestation in squash plants. *Biology*, 11(8): 1150.
- Abdelrahman, H.M., Zaghoul, R.A., Hassan, E.A., El-Zehery, H.R.A., & Salem, A.A. (2021). New strains of plant growth-promoting rhizobacteria in combinations with humic acid to enhance squash growth under saline stress. *Egyptian Journal of Soil Science*, 61(1): 129-146.
- Aeini, M., Ghodum Parizipour, M.H., Eftekhari, S.A., & Pooladi, P. (2021). Application of plant growth-promoting rhizobacteria to protect bell pepper against tobacco mosaic virus. *Journal of Crop Protection*, 10(4): 711-722.
- Afzali-Goroh, E., Saberi-Riseh, R., Hosseini, A., & Vatankhah, M. (2022). Application of some plant growth-promoting rhizobacteria to enhance plant growth and protection against cucumber mosaic virus in cucumber. *Journal of Crop Protection*, 11(1): 133-144.
- Ahemad, M., & Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *Journal of King Saud University-Science*, 26(1): 1-20.
- Ahirwar, N.K., Gupta, G., Singh, V., Rawlley, R.K., & Ramana, S. (2015). Influence on growth and fruit yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants by inoculation with *Pseudomonas fluorescence* (SS5): Possible role of plant growth promotion. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(2): 720-730.
- Akhtar, M.S., & Siddiqui, Z.A. (2011). Role of plant growth promoting rhizobacteria in biocontrol of plant diseases and sustainable agriculture. *Plant Growth and Health Promoting Bacteria*, p. 157-195.
- Akinola, A.O., Timothy, T.T., Mabel, O.T., Oluwapelumi, A.J., Breakthrough, O. O., David, O.I., & Monisola, O.O. (2022). The growth enhancement potentials of indigenous plant growth promoting rhizobacteria on sweet pepper (*Capsicum*

- annum*) through seed bacterization. International Journal of Innovative Research & Growth, 1(2): 96-104.
- Al-Fahdawi, A.J.J., & Allawi, M.M. (2019). Impact of biofertilizers and nano potassium on growth and yield of eggplant (*Solanum melongena* L.). Plant Archives, 19(2):1809-1815.
- Altın, N., & Tayyar, B. (2005). Bitki gelişimini uyarıcı kök bakterilerinin genel özellikleri ve etkileri. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 15(2): 87-103.
- Al-Turki, A., & Abdullah, R.R.H. (2021). Native plant growth-promoting rhizobacteria for growth promotion of lettuce from Qassim, Saudi Arabia. Pakistan Journal of Biological Sciences, 24(7): 773-779.
- Attia, M.S., El-Sayyad, G.S., Abd Elkodous, M., & El-Batal, A.I. (2020). The effective antagonistic potential of plant growth-promoting rhizobacteria against *Alternaria solani*-causing early blight disease in tomato plant. Scientia Horticulturae, 266: 109289.
- Bent, E. (2006). Induced systemic resistance mediated by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and fungi (PGPF). Multigenic and Induced Systemic Resistance in Plants, 225-258.
- Bent, E., Tuzun, S., Chanway, C.P., & Enebak, S. (2001). Alterations in plant growth and in root hormone levels of lodgepole pines inoculated with rhizobacteria. Canadian Journal of Microbiology, 47(9): 793-800.
- Bhattacharyya, P.N., & Jha, D.K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 28: 1327-1350.
- Bilginturan, M., & Karaca, G.H. (2021). Effects of *trichoderma* and PGPR applications on growth and *verticillium* wilt of eggplant. Mediterranean Agricultural Sciences, 34(3): 267-272.
- Cervantes-Vázquez, T.J.Á., Valenzuela-García, A.A., Cervantes-Vázquez, M.G., Guzmán-Silos, T.L., Fortiz, E.L., Rangel, P.P., & Rueda-Puente, E.O. (2021). Morphophysiological, enzymatic, and elemental activity in greenhouse tomato

- saladette seedlings from the effect of plant growth-promoting rhizobacteria. *Agronomy*, 11(5): 1008.
- Cochard, B., Giroud, B., Crovadore, J., Chablais, R., Arminjon, L., & Lefort, F. (2022). Endophytic PGPR from tomato roots: isolation, *in vitro* characterization and *in vivo* evaluation of treated tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Microorganisms*, 10(4): 765.
- 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.
- Çakmakçı, R., & Erdoğan, Ü. (2005). Organik Tarım. Atatürk. U. İspir Hamza Polat Meslek Yüksek Okulu Ders Yayınları No:2, 233s. Erzurum.
- Çelik, Y. (2023). Effect of rhizobacteria (PGPR) and liquid vermicompost applications on yield and yield coponents in lettuce (*Lactuca sativa* L.) culture. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(1): 1-9.
- De la Cruz Castillo-Aguilar, C., Córdova-Gaspar, A., Carrillo-Castañeda, G., Ortiz-García, C.F., CohMéndez, D., & Chiquini-Medina, R.A. (2021). Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the growth of chili habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agroproductividad*, 14(11).
- De Souza, J.T., De Boer, M., De Waard, P., Van Beek, T.A., & Raaijmakers, J.M. (2003). Biochemical, genetic, and zoosporicidal properties of cyclic lipopeptide surfactants produced by *Pseudomonas fluorescens*. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(12): 7161-7172.
- Dönmez, C. (2019). Kimyasal gübre ve bitki gelişimini uyarıcı kök bakterilerinin (PGPR) domates yetiştiriciliğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Iğdır.
- Dutta, S., & Podile, A.R. (2010). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): the bugs to debug the root zone. *Critical Reviews in Microbiology*, 36(3): 232-244.

- Eryılmaz, G.A., & Kılıç, O. (2018). Türkiye’ de sürdürülebilir tarım ve iyi tarım uygulamaları. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21(4): 624-631.
- Gaby, J.C., & Buckley, D.H. (2012). A comprehensive evaluation of PCR primers to amplify the nifH gene of nitrogenase. 9(3): e42149.
- Gaudin, V., Vrain, T., & Jouanin, L. (1994). Bacterial genes modifying hormonal balances in plants. Plant Physiology and Biochemistry (France).
- Ge, H., & Zhang, F. (2019). Growth-promoting ability of *Rhodopseudomonas palustris* G5 and its effect on induced resistance in cucumber against salt stress. Journal of Plant Growth Regulation, 38: 180-188.
- Glick, B.R. (1995). The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiology, 41(2): 109-117.
- Glick, B.R., Cheng, Z., Czarny, J., Duan, J. (2007). Promotion of plant growth by ACC deaminase-producing soil bacteria. In: Bakker, P.A.H.M., Raaijmakers, J.M., Bloemberg, G., Höfte, M., Lemanceau, P., Cooke, B.M. (eds) New Perspectives and Approaches in Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Research. Springer, Dordrecht.
- Goswami, D., Parmar, S., Vaghela, H., Dhandhukia, P., & Thakker, J.N. (2015). Describing *Paenibacillus mucilaginosus* strain N3 as an efficient plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). Cogent Food & Agriculture, 1(1): 1000714.
- Govindasamy, V., Senthilkumar, M., Magheshwaran, V., Kumar, U., Bose, P., Sharma, V., & Annapurna, K. (2011). *Bacillus* and *Paenibacillus spp.*: Potential PGPR for Sustainable Agriculture. In: Maheshwari, D. (eds) Plant Growth and Health Promoting Bacteria. Microbiology Monographs, vol 18. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gray, E.J., & Smith, D.L. (2005). Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant–bacterium signaling processes. Soil Biology and Biochemistry, 37(3): 395-412.
- Gupta, G., Parihar, S.S., Ahirwar, N.K., Snehi, S.K., & Singh, V. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development

- of sustainable agriculture. *Journal Microbial Biochemical Technology*, 7(2): 096-102.
- Gupta, P., Kumar, V., Usmani, Z., Rani, R., Chandra, A., & Gupta, V.K. (2020). Implications of plant growth promoting *Klebsiella sp.* CPSB4 and *Enterobacter sp.* CPSB49 in luxuriant growth of tomato plants under chromium stress. *Chemosphere*, 240: 124944.
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., & Ahmed, I. (2010). Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annals of Microbiology*, 60: 579-598.
- He, Y., Wu, Z., Wang, W., Liu, X., & Ye, B.C. (2019). Bacterial community and phosphorus species changes in pepper rhizosphere soils after *Pseudomonas putida* Rs-198 inoculation. *Rhizosphere*, 11: 100164.
- Hossain, M.A., Matsuura, S., Nakamura, I., Mitsuhiro, D., & Ishimine, Y., (2000). Studies on application methods of manda 31 for turmeric (*Curcuma spp*) cultivation. *Sci. Bull. Fac. Agr. Univ. Ryukyus*, 47: 137-144.
- Hyder, S., Gondal, A.S., Rizvi, Z.F., Ahmad, R., Alam, M.M., Hannan, A., & Inam-ul-Haq, M. (2020). Characterization of native plant growth promoting rhizobacteria and their anti-oomycete potential against *Phytophthora capsici* affecting chilli pepper (*Capsicum annum* L.). *Scientific Reports*, 10(1): 1-15.
- Inculet, C.S., Mihalache, G., Sellitto, V.M., Hlihor, R. M., & Stoleru, V. (2019). The effects of a microorganisms-based commercial product on the morphological, biochemical and yield of tomato plants under two different water regimes. *Microorganisms*, 7(12): 706.
- İlter, E., & Altındışlı, A. (2002). Ekolojik tarımda ilke ve kavramlar. *Organik (Ekolojik) Tarım Eğitimi Ders Notları. ETO*, s. 263, İzmir.
- Jha, C.K., & Saraf, M. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. *Journal of Agricultural Research and Development*, 5(2): 108-119.
- Joshi, M., Srivastava, R., Sharma, A.K., & Prakash, A. (2012). Screening of resistant varieties and antagonistic *Fusarium oxysporum* for biocontrol of Fusarium wilt of chilli. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 3(5): 1-6.

- Jourdan, E., Henry, G., Duby, F., Dommes, J., Barthelemy, J.P., Thonart, P., & Ongena, M.A.R.C. (2009). Insights into the defense-related events occurring in plant cells following perception of surfactin-type lipopeptide from *Bacillus subtilis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 22(4): 456-468.
- Kang, S.M., Adhikari, A., Lee, K.E., Park, Y.G., Shahzad, R., & Lee, I.J. (2021). Gibberellin producing rhizobacteria *Pseudomonas koreensis* mu2 enhance growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and Chinese cabbage (*Brassica rapa chinensis*). *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(2):166-170.
- Kaya Özdoğan, D. (2020). Ankara ili topraklarından bitki büyümesini teşvik edici bakterilerin izolasyonu, tanımlanması ve genetik çeşitliliklerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kaymak, H.C. (2011). Potential of PGPR in agricultural innovations. *Plant growth and health promoting bacteria*, Springer Heidelberg Dordrecht London New York, p. 45-79.
- Kharkhota, M., Kharchuk, M., Duplij, V., Brindza, J., Avdieieva, L., & Matvieieva, N. (2023). Effect of *Priestia endophytica* on the metabolites accumulation in chicory and lettuce plants cultivated *in vitro*. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 1-6.
- Kiran, S., Furtana, G.B., & Ellialtioglu, Ş.Ş. (2022). Physiological and biochemical assay of drought stress responses in eggplant (*Solanum melongena* L.) inoculated with commercial inoculant of *Azotobacter chroococum* and *Azotobacter vinelandii*. *Scientia Horticulturae*, 305: 111394.
- Kloepper, J.W. (1994). Plant growth-promoting rhizobacteria (other systems). *Azospirillum/Plant Associations*, 187: 137-166.
- Kul, R. (2022). Integrated application of plant growth promoting rhizobacteria and biochar improves salt tolerance in eggplant seedlings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(5): 677-702.
- Kumar, M., Giri, V.P., Pandey, S., Gupta, A., Patel, M.K., Bajpai, A.B., & Siddique, K.H. (2021). Plant-growth-promoting rhizobacteria emerging as an effective

- bioinoculant to improve the growth, production, and stress tolerance of vegetable crops. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(22): 12245.
- Kumar, P., & Dubey, R. C. (2012). Plant growth promoting rhizobacteria for biocontrol of phytopathogens and yield enhancement of *Phaseolus vulgaris*. *Journal of Current Perspectives Applied Microbiology*, 1(6): 38.
- Kurtar, E.S., & Ayan, A.K. (2004). Organik tarım ve Türkiye' deki durumu. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1): 56- 64.
- Leibfried, A., To, J.P., Busch, W., Stehling, S., Kehle, A., Demar, M., & Lohmann, J.U. (2005). Wuschel controls meristem function by direct regulation of cytokinin-inducible response regulators. *Nature*, 438(7071): 1172-1175.
- Linu, M.S., Asok, A.K., Thampi, M., Sreekumar, J., & Jisha, M.S. (2019). Plant growth promoting traits of indigenous phosphate solubilizing *Pseudomonas aeruginosa* isolates from chilli (*Capsicum annuum* L.) rhizosphere. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(4): 444-457.
- Liu, D., Lian, B., & Dong, H. (2012). Isolation of *Paenibacillus* sp. and assessment of its potential for enhancing mineral weathering. *Geomicrobiology Journal*, 29(5): 413-421.
- Ma, J.F. (2005). Plant root responses to three abundant soil minerals: silicon, aluminum and iron. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24(4): 267-281.
- Maksimov, I.V., Abizgil'Dina, R.R., & Pusenkova, L.I. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria as alternative to chemical crop protectors from pathogens. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 47(4): 333-345.
- Martínez-Viveros, O., Jorquera, M.A., Crowley, D.E., Gajardo, G.M.L.M., & Mora, M.L. (2010). Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(3): 293-319.
- Montesinos, E., Bonaterra, A., Badosa, E., Frances, J., Alemany, J., Llorente, I., & Moragrega, C. (2002). Plant-microbe interactions and the new biotechnological methods of plant disease control. *International Microbiology*, 5 (4): 169-175.

- Nielsen, T.H., Sørensen, D., Tobiasen, C., Andersen, J.B., Christophersen, C., Givskov, M., & Sørensen, J. (2002). Antibiotic and biosurfactant properties of cyclic lipopeptides produced by fluorescent *Pseudomonas spp.* from the sugar beet rhizosphere. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(7): 3416-3423.
- Öztemiz, S. (2008). Organik tarımda biyolojik mücadele. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 25(2): 19-27.
- Pal, D.K., Srivastava, P., Durge, S.L., & Bhattacharyya, T. (2001). Role of weathering of fine-grained micas in potassium management of Indian soils. *Applied Clay Science*, 20(1-2): 39-52.
- Papadopoulou, A., Matsi, T., Kamou, N., Avdoulis, D., Mellidou, I., & Karamanoli, K. (2022). Decoding the potential of a new *Pseudomonas putida* strain for inducing drought tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum*) plants through seed biopriming. *Journal of Plant Physiology*, 271: 153658.
- Parmar, P., & Sindhu, S.S. (2013). Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. *Journal of Microbiology Research*, 3(1): 25-31.
- Patten, C.L., & Glick, B.R. (2000). Isolation and characterization of indole acetic acid biosynthesis genes from plant growth promoting bacteria. In *Fifth International PGPR Workshop (Vol. 29)*.
- Patten, C.L., & Glick, B.R. (2002). Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(8): 3795-3801.
- Payne, S.M. (1994). Detection, isolation, and characterization of siderophores. *Methods in Enzymology*, 235: 329-344.
- Pérez-García, L.A., Sáenz-Mata, J., Fortis-Hernández, M., Navarro-Muñoz, C.E., Palacio-Rodríguez, R., & Preciado-Rangel, P. (2023). Plant-growth-promoting rhizobacteria improve germination and bioactive compounds in cucumber seedlings. *Agronomy*, 13(2): 315.
- Pozo, M.J., & Azcón-Aguilar, C. (2007). Unraveling mycorrhiza-induced resistance. *Current Opinion in Plant Biology*, 10(4): 393-398.

- Raaijmakers, J.M., Vlami, M., & De Souza, J.T. (2002). Antibiotic production by bacterial biocontrol agents. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 81: 537-547.
- Razmjooei, Z., Etemadi, M., Eshghi, S., Ramezani, A., Mirazimi Abarghuei, F., & Alizargar, J. (2022). Potential role of foliar application of *Azotobacter* on growth, nutritional value and quality of lettuce under different nitrogen levels. *Plants*, 11(3): 406.
- Rostaminia, M., Habibi, D., Shahbzi, S., Sani, B., & Pazoki, A. (2020). Effect of three commercial bio-fertilizers prepared with *Pseudomonas* on yield and morphophysiological traits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Iran Agricultural Research*, 39(2): 99-107.
- Samaras, A., Kamou, N., Tzelepis, G., Karamanoli, K., Menkissoglu-Spiroudi, U., & Karaoglanidis, G.S. (2022). Root transcriptional and metabolic dynamics induced by the plant growth promoting rhizobacterium (PGPR) *Bacillus subtilis* Mbi600 on cucumber plants. *Plants*, 11(9): 1218.
- Shilev, S. (2013). Soil rhizobacteria regulating the uptake of nutrients and undesirable elements by plants. *Plant microbe symbiosis: fundamentals and advances*, Springer New Delhi Heidelberg New York Dordrecht London, p. 147-167.
- Solanki, M.K., Wang, Z., Wang, F.Y., Li, C. N., Lan, T.J., Singh, R.K., & Li, Y.R. (2017). Intercropping in sugarcane cultivation influenced the soil properties and enhanced the diversity of vital diazotrophic bacteria. *Sugar Tech*, 19: 136-147.
- Somers, E., Vanderleyden, J., & Srinivasan, M. (2004). Rhizosphere bacterial signalling: a love parade beneath our feet. *Critical reviews in Microbiology*, 30(4): 205-240.
- Syed-Ab-Rahman, S.F., Xiao, Y., Carvalhais, L.C., Ferguson, B.J., & Schenk, P.M. (2019). Suppression of *Phytophthora capsici* infection and promotion of tomato growth by soil bacteria. *Rhizosphere*, 9: 72-75.
- Taşbaşı, H., Zeytin, B., Aksoy, E., & Konaşkan, H.M. (2003). Organik tarımın genel ilkeleri. TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Araştırma, Planlama ve Koordinasyon Kurulu Başkanlığı, Ankara.

- Ulloa-Ogaz, A.L., Muñoz-Castellanos, L.N., & Nevárez-Moorillón, G.V. (2015). Biocontrol of phytopathogens: antibiotic production as mechanism of control. *The Battle Against Microbial Pathogens: Basic Science, Technological Advances and Educational Programs* (A. Méndez-Vilas, Ed.), p. 305-309.
- Ureche, M.A.L., Pérez-Rodríguez, M.M., Ortiz, R., Monasterio, R.P., & Cohen, A.C. (2021). Rhizobacteria improve the germination and modify the phenolic compound profile of pepper (*Capsicum annum* L.). *Rhizosphere*, 18: 100334.
- Ünlü, E., Şekerci, A.D., Yılmaz, S., & Yetişir, H. (2023). Field trial of PGPR, *Bacillus megaterium* E-U2-1, on some vegetable species. *Journal of Applied Biological Sciences*, 17(1):125-137.
- Van Peer, R., Niemann, G.J., & Schippers, B. (1991). Induced resistance and phytoalexin accumulation in biological control of fusarium wilt of carnation by *Pseudomonas* sp. strain WCS 417. *Phytopathology*, 81(7): 728-734.
- Vega-Celedón, P., Bravo, G., Velásquez, A., Cid, F.P., Valenzuela, M., Ramírez, I., & Seeger, M. (2021). Microbial diversity of psychrotolerant bacteria isolated from wild flora of andes mountains and patagonia of chile towards the selection of plant growth-promoting bacterial consortia to alleviate cold stress in plants. *Microorganisms*, 9(3): 538.
- Verma, P., Yadav, A.N., Khannam, K.S., Saxena, A.K., & Suman, A. (2017). Potassium-Solubilizing Microbes: Diversity, Distribution, and Role in Plant Growth Promotion. In: Panpatte, D., Jhala, Y., Vyas, R., Shelat, H. (eds) *Microorganisms for Green Revolution. Microorganisms for Sustainability*, vol 6. Springer, Singapore.
- Vessey, J.K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255: 571-586.
- Vimala, P., & Lalithakumari, D. (2003). Characterization of exopolysaccharide (EPS) produced by *Leuconostoc* sp. V 41. *Asian J Microbiol Biotechnol Environ Sci*, 5(2): 161-165.
- Wang, J., Qu, F., Liang, J., Yang, M., & Hu, X. (2022). *Bacillus velezensis* SX13 promoted cucumber growth and production by accelerating the absorption of

- nutrients and increasing plant photosynthetic metabolism. *Scientia Horticulturae*, 301: 111151.
- Whitelaw, M.A. (1999). Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. *Advances in Agronomy* 69: 99-151.
- Wong, W.S., Tan, S.N., Ge, L., Chen, X., & Yong, J.W.H. (2015). The importance of phytohormones and microbes in biofertilizers. *Bacterial Metabolites in Sustainable Agroecosystem*, p. 105-158.
- Xing, Y.X., Wei, C.Y., Mo, Y., Yang, L.T., Huang, S.L., & Li, Y.R. (2016). Nitrogen-fixing and plant growth-promoting ability of two endophytic bacterial strains isolated from sugarcane stalks. *Sugar Tech*, 18: 373-379.
- Zapata-Sifuentes, G., Hernandez-Montiel, L.G., Saenz-Mata, J., Fortis-Hernandez, M., Blanco-Contreras, E., Chiquito-Contreras, R.G., & Preciado-Rangel, P. (2022). Plant growth-promoting rhizobacteria improve growth and fruit quality of cucumber under greenhouse conditions. *Plants*, 11(12): 1612.
- Zarjani, J.K., Aliasgharad, N., Oustan, S., Emadi, M., & Ahmadi, A. (2013). Isolation and characterization of potassium-solubilizing bacteria in some Iranian soils. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(12): 1713–1723.
- Zuluaga, M.Y.A., Lima Milani, K.M., Azeredo Goncalves, L.S., & Martinez de Oliveira, A.L. (2020). Diversity and plant growth-promoting functions of diazotrophic/N-scavenging bacteria isolated from the soils and rhizospheres of two species of *Solanum*. *PLoS One*, 15(1): e0227422.

BÖLÜM 6

BİTKİ GENETİK KAYNAKLARININ KORUNMASI VE KULLANIMI

Doç. Dr. Aytekin EKİNCİALP¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8284965>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Başkale Meslek Yüksekokulu, Organik Tarım Programı, Van, Türkiye. aytekinekincialp@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1500-3215

GİRİŞ

Tarımsal üretimin amacı, yetiştiriciliğe uygun stratejilerin izlenmesi ile pazarlanabilir yüksek verim elde etmektir. Bu nedenle, tarım teknolojisinde geliştirilen araçların ve yöntemlerin kullanılması ile gıda ihtiyacının karşılanması ve ürün çeşitliliğinin artırılması için yeni çeşitlerin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Bu doğrultuda yapılacak ıslah çalışmalarında bitkisel gen kaynaklarının zenginliği önemli bir yer tutmaktadır. (Şehirli ve Özgen, 1987).

Tarımsal üretimin ilk olarak yapıldığı dönemlerde yerleşik olarak yaşayan insanlar, sadece doğadaki çeşitlilikten yararlanmış ve mevcut bitki türleri üzerinden yetiştiricilik yaparak besin ihtiyaçlarını karşılamışlardır. Sonraki dönemlerde bilimsel gelişmelerin sayesinde varyasyon oluşturma aşamasının başlaması ve ıslah yöntemlerinin gelişmesiyle beraber yetiştirdikleri bitkileri kültüre alarak farklı çeşitlerin geliştirilmesine katkı sağlamışlardır. Bu süreçlerin yaşanması neticesinde artık günümüzde biyoteknoloji alanındaki devam eden gelişmelerin ışığında tarımsal üretim her geçen gün yeni bir boyut kazanarak bitkisel çeşitlilikte artış yaşanmaktadır.

Bitki türlerinin ilk olarak ortaya çıktığı ve yayılım gösterdiği bölgeler “Bitki Gen Merkezi” olarak tanımlanmaktadır. Dünya üzerinde gen merkezleri açısından araştırmacıların farklı sınıflandırmaları bulunmaktadır. Belirlenen bu merkezlerdeki bitki türleri, nüfus artışı, bitkisel kaynakların bilinçsizce kullanılması, arazi açmaları, yoğun tarımsal ilaç kullanımı, bilinçsiz doğadan sökme yoluyla tüketme, doğal afetler, kentleşme ve endüstriyel tarım gibi

nedenlerle kaybolmaktadır (Balkaya ve Yanmaz, 2001; Yılmaz Gökdoğan ve Kaya, 2017). Uluslararası Doğayı ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN-International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) dünyada yetişen bitkilerin %50' den fazlasının (GBH-Global Biodiversity Hotspots) endemik olduğunu belirterek kaybolma riski altında olan bitki türlerini 1998' de bildirmiş (Reed ve ark., 2011; Bürün, 2021) ve 2013' de yayımlanan listede de 18292 türden 10065' inin tehdit altında olduğunu belirtmiştir (Vural, 2003; Manole-Paunescu, 2014; Bürün, 2021). Ülkemizde de çeşitli faktörler nedeniyle yok olma riski taşıyan biyoçeşitliliğin güvence altına alınması için endemik türlerin toplanması ve korunması uygun stratejiler kullanılarak sürdürülmektedir (Tan, 2010).

Bu bölümde, bitki genetik kaynaklarının korunması kapsamında bitki genetik kaynakları yönünden Türkiye' nin durumu, koruma teknikleri, çalışmaları ve kullanımı konularında değerlendirmeler yapılmıştır.

1. BİTKİ GENETİK KAYNAKLARI YÖNÜNDEN TÜRKİYE' NİN DURUMU

Türkiye, Araştırmacı Vavilov' un belirlediği gen merkezleri içerisinde Akdeniz ve Yakın Doğu olmak üzere iki önemli merkezde bulunmaktadır. Bu iki gen merkezinde buğday (*Triticum*), arpa (*Hordeum*), yulaf (*Avena*), keten (*Linum*), bezelye (*Pisum*), mercimek (*Lens*), nohut (*Cicer*), şeker pancarı (*Beta*), asma (*Vitis*), badem (*Amygdalus*), erik (*Prunus*), soğan ve sarımsak (*Allium*) gibi türlerin

yer alması ülke için önemli bir konumu temsil etmektedir (Karagöz ve ark., 2020) (Tablo 1).

Tablo 1: Türkiye’deki Mikrojen Merkezleri (Karagöz ve ark., 2020)

Mikro Gen Merkezleri	Yaygın Türler
Trakya – Ege Bölgeleri	Kavun (<i>Cucurbita melo</i>), makarnalık buğday (<i>Triticum durum</i>), şişik buğday (<i>Triticum turgidum</i>), ekmeçlik buğday (<i>Triticum aestivum</i>), topbaş buğday (<i>T. aestivum ssp. compactum</i>), nohut (<i>Cicer arietinum</i>), fiğ (<i>Vicia spp.</i>), acıbakla (<i>Lupinus spp.</i>) ve yonca (<i>Medicago sativa</i>)
Güney Anadolu-Doğu Anadolu	Bezelye (<i>Pisum arvense</i>), mercimek (<i>Lens culinaris</i>), hıyar (<i>Cucumis sativus</i>), bakla (<i>Vicia faba</i>), asma (<i>Vitis vinifera</i>), baklagil yem bitkileri, yabancı gernik (<i>T. dicoccum</i>), buğdayanası (<i>Aegilops speltoides</i>), balkabağı (<i>Cucurbita pepo</i>), karpuz (<i>Citrullus lanatus</i>),
Amasya – Samsun -Tokat	Meyve türleri, bezelye, mercimek, bakla ve yem bitkileri
Kayseri ili ve civarı	Bezelye, asma, mercimek, nohut, yonca, badem (<i>Amygdalus communis</i>), elma (<i>Malus domestica</i>) ve korunga (<i>Onobrychis viciifolia</i>)
Ağrı ili ve civarı	Baklagil yem bitkileri, Elma, kayısı (<i>Armeniaca vulgaris</i>), kiraz (<i>Cerasus avium</i>), vişne (<i>Cerasus vulgaris</i>), karpuz (<i>Citrullus lanatus</i>)

Türkiye; Akdeniz, Avrupa-Sibirya ve İran-Turan olarak belirtilen bölgelerin kesişimindeki konumu nedeniyle bitki biyoçeşitliliği bakımından zengin bir ülkedir. Avrupa-Sibirya Bölgesi, batı yönünde

Bulgaristan'dan, doğu yönünde Gürcistan'a kadar kuzey kuşağını tamamen sararak Türkiye'nin en yağışlı bölgesi olan ve ormanların yoğun olarak bulunduğu Kuzey Anadolu Dağlarını kapsamaktadır. Akdeniz Fitocoğrafya Bölgesi, Akdeniz ile Ege Bölgesi' ni kapsayan ve Gelibolu Yarımadası' na kadar uzanan, orman ve çalılıkların da geniş yayılış gösterdiği alanı kapsamaktadır. İran-Turan Bölgesi ise Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Orta Anadolu ve Ege bölgesinin doğusunun bulunduğu alanları ifade eder (Ekim, 2005; Atik ve ark., 2010; Erat ve Balık, 2022).

2. BİTKİ GENETİK KAYNAKLARININ KORUNMASINDA TÜRKİYE' DE YAPILAN ÇALIŞMALAR

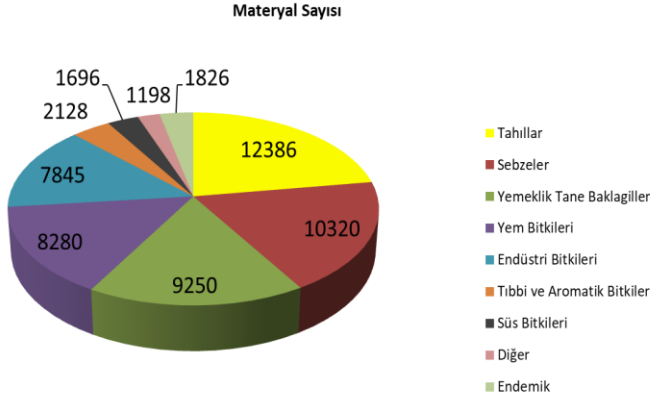
Türkiye ile “Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü” arasında 1963 yılında yapılan bir anlaşma ile uluslararası çapta bölgesel merkez kurulması çalışmaları başlamıştır. Bu protokol ile Güney - Batı Asya ülkelerindeki kültür bitkileri ve yabancı türlerinin toplanarak muhafaza altına alınması amaçlanmıştır. Bu anlaşma kapsamında, 1964' de İzmir' de kurulan enstitüsü bünyesinde bitki genetik kaynaklarının korunması çalışmaları başlamıştır. Bu kurum 1967' de “Zirai Araştırma ve İntrodüksiyon Merkezi” ismini almış olup zirai çalışmaları yapmasının yanında “Bitki Genetik Kaynakları” (BGK) alanındaki araştırmaları da kapsamına almıştır.

İzmir' de kurulan ve dünyanın ilk gen bankalarından biri olan bu kurum Uluslararası *ex situ* muhafaza koşullarının ülkemizde uygulanması kapsamında kurumun mevcut altyapısı da bu standartlara

uyarlanarak 1974’ de “Ege Bölgesi Zirai Araştırma Enstitüsü” adını almıştır. “Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü” olarak ismi değişen kurum, muhafaza çalışmaları alanında uluslararası standartları gözeterek Türkiye’ nin ulusal nitelikli ilk tohum gen bankası olarak hizmet vermektedir. Bu enstitü, ülkemizde bitkisel genetik kaynaklarını koruma projelerinde merkez olarak konumlandırılmıştır (Aykas ve ark., 2016).

Tarımsal Araştırma Projeleri adı altında “Bitkisel Çeşitlilik ve Genetik Kaynaklar”, “Bitki Genetik Kaynakları” ve “Bitkisel Çeşitlilik ve Genetik Kaynaklar İçin Veri Tabanı Oluşturma” programları başlatılmıştır. İlk olarak tohum ve koleksiyon bahçelerinde muhafaza olarak yürütülen çalışmalar sonrasında geniş çaplı projeler olarak devam etmiş ve Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü’ nde mevcut olan gen kaynakları farklı bölgelerde kurulan gen bankalarına aktarılmıştır.

Ülkemizde *in vitro* muhafaza çalışmaları 1978 yılında başlamıştır. “Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü” bünyesinde gen bankası 1988 yılında FAO desteğiyle kurulmuştur. 2000 yılında Tehlike Altındaki Türlerin Ekosistemlerinin Muhafazası (AB-LIFE programı destekli) programı yürütülmüş, 2006 yılında da “Ultra Soğuk Koşullarda Dondurularak Muhafaza (Krayoprezervasyon)” çalışmaları hız kazanmıştır. Bu program, 2009 yılında yenilenerek “Türkiye Tohum Gen Bankası” adını almıştır. 2013-2014 yılları arasında uluslararası gen bankaları standartlarının yeniden yapılanmasında paydaş olarak yer almıştır (Şekil 1) (Karagöz ve ark., 2020).



Şekil 1: ETAE Ulusal Gen Bankasında Depolanan Genetik Materyal Sayıları (Karagöz ve ark., 2020).

3. BİTKİ GENETİK KAYNAKLARINI KORUMA TEKNİKLERİ

Bitki türlerinin ve çeşitliliğin muhafazası iki yöntemle yapılabilmektedir.

3.1. Doğal Yaşamda Muhafaza (*in situ*)

Bu yöntem, bitkilerin doğal yaşam ortamlarında koruma altına alınması esasına dayanır. Bu muhafaza yönteminde bitki türlerinin doğal ortamlarında evrimlerini sürdürebilmeleri sağlanmaktadır. (Tan, 1998). Bu koruma stratejisi yabani ve endemik türlerin yanında tüm ekosistemin sağlıklı bir şekilde işleyebilmesi için önemli bir yaklaşımdır. Bitki genetik kaynaklarının doğal ortamlarında muhafaza çalışmaları, “Türkiye Genetik Çeşitliliğinin *In Situ* Muhafazası Projesi”

ile başlamıştır. Bu proje bünyesinde Kaz Dağları' nda yabancı kestane ve erik genetik kaynakları, Orta Toroslar' da (Bolkar ve Aladağlar) ve Ceylanpınar yörelerinde ise yabancı buğday ve baklagil genetik kaynaklarının muhafaza altına alınması hedeflenmiştir. (Tan ve Tan, 2002; Tan, 2010).

3.2. Doğal Yaşam Dışında Muhafaza (*Ex situ*)

Bu muhafaza yöntemi hedeflenen bitki genetik kaynaklarının doğal ortamlarının dışında koruma altına alınması ilkesine dayanır. (Dilbirliği, 2007; Cruz-Cruz ve ark., 2013).

Ex situ uygulama, hedef alanda hedef bitki türlerinin belirlenmesi ve depolanması çalışmalarını; *in situ* uygulama ise, hedef türlerin mevcut buldukları alanda seçilmesi, yönetilmesi ve kaydedilmesi çalışmalarını kapsamaktadır. Türkiye'de *ex situ* koruma faaliyetleri 1964' te başlamış ve "Ulusal Bitki Genetik Kaynaklarının/Çeşitliliğinin Korunması Programı" çerçevesinde generatif ve vegetatif koleksiyonlar üzerinde çalışmalarını sürdürmektedir (Şekil 1). Bu muhafaza şeklinde generatif çoğaltma materyali olarak kullanılan tohumlar, 3 ayrı grup altında muhafaza edilmektedir.

3.2.1. Temel Koleksiyon

İslah çalışmaları için belirlenen gen kaynakları ile genetik değişime uğrama riski bulunan ve dağıtımı yapılmayan vejetatif veya generatif materyaller koruma altına alınır. Uzun süreli koruma altına alınacak olan gen kaynaklarının fazla sayıda tür içermesi, özel amaçlar için değerlendirilecek türleri içermesi gibi özellikleri taşıması

gereklidir. Uzun süreli depolama işlemlerinde, tohumlar oksijen geçirmeyen $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' deki ortamlarda korunmaktadır. Koleksiyona dâhil edilen tohumlar üzerinde 10 yılda bir canlılık testleri uygulanır. Bu yöntem sayesinde tohumlar 50–100 yıl ya da daha uzun süre koruma altına alınmaktadır (Şehirli ve Özgen, 1987).

3.2.2. Aktif Koleksiyon

Araştırma, üretim, yenileme ve değerlendirme gibi süreçlerde kullanılan, aynı zamanda dağıtımı yapılan bitkisel materyaller aktif koleksiyon adı altında muhafaza altına alınmaktadır. Bu koleksiyonlarda yer alan tohumların depolama sıcaklığı 0°C olarak ayarlanmakta ve 5–20 yıl süreyle (orta süre) depolanmaktadır. (Balkaya ve Yanmaz, 2001).

3.2.3. Çalışma Koleksiyonları

Bu koleksiyonlarda bulunan materyaller karakter belirleme ve değerlendirme çalışmalarında kullanılmakta ve kısa süreli depolanabilmektedirler. Vejetatif olarak çoğaltılan türlerin gen kaynakları gen bankalarında koleksiyon tarla veya muhafaza bahçeleri, botanik bahçeleri, arboreumlarda ve *in vitro* yöntemiyle muhafaza edilmektedir (Balkaya ve Yanmaz, 2001). Bunun yanında, bitki tür, form ve çeşitlerinin düşük ısılarında ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de sıvı azot içerisinde) dondurulup uzun süre koruma altına alınmasına olanak sağlayan (kryoprezervasyon) tekniklerle de bitki organizmaları muhafaza altına alınabilmektedir.

3.2.3.1. Muhafaza Bahçeleri-Arborateum Kurarak Muhafaza

Doğal, tarihi kültürel değerlerin devamlılıklarının sağlanması, iyileştirilmesi ve gelecek nesillere aktarılması için bu yönde çeşitli gelişme planları hazırlanmakta ve hayata geçirilmektedir. Belirlenen bu projeksiyonlar neticesinde üretilen projeler ile birçok bölgede daha önce bozulmuş ya da bozulma sürecine girmiş bulunan alanlarda dengelerin yeniden kurulması, iyileştirilmesi ve sağlıklı gelişmenin oluşturulması hedeflenmektedir (Dilbirliği, 2007).

Bu hedef doğrultusunda seçilmiş türlerin ekolojik istekleri de göz önünde bulundurularak uygun ekolojilerde bahçeler oluşturulmaktadır. Bu bahçelerde, seçilen bitki türlerine ait koleksiyonları oluşturan materyaller uzun yıllar boyunca koruma altına alınabilmektedir. Fakat bu koleksiyon şeklinde bitkilerin kapsadıkları alanın büyüklüğü ve bakım işlemlerinin güçlüğü maliyetlerin yükselmesine neden olmaktadır (Balkaya ve Yanmaz, 2001).

3.2.3.2. *İn Vitro* Muhafaza

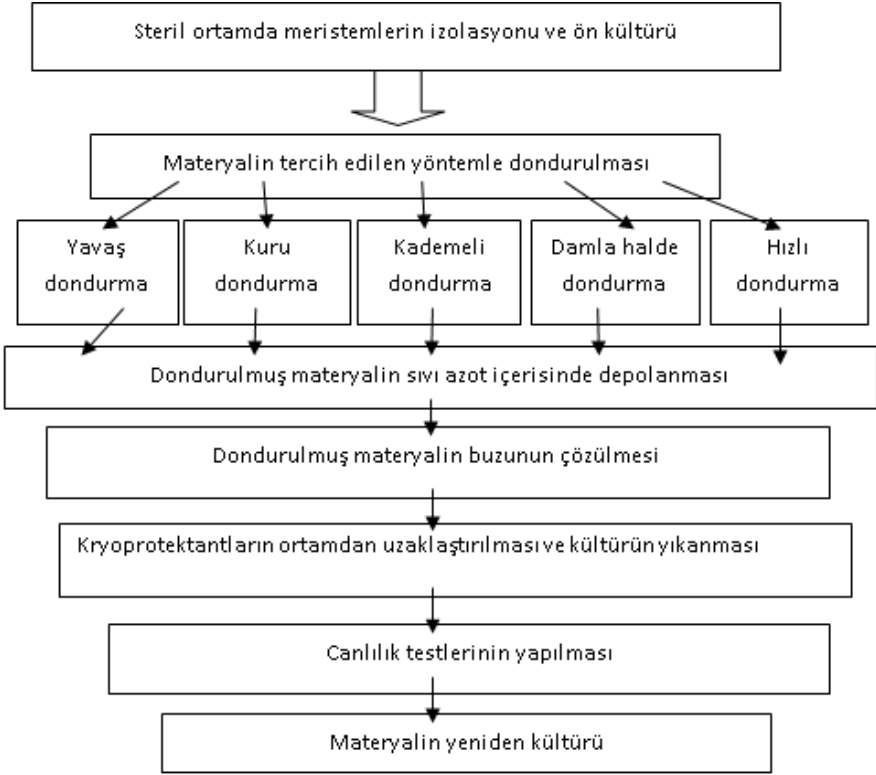
Bu muhafaza şekli, generatif ve vejetatif yöntemlerle çoğaltılamayan veya çoğaltılması zor olan, genetik olarak önemli bulunan türler ile koleksiyon şeklinde muhafaza edilmelerinin zor ve maliyetli olduğu çok yıllık bitkilerin, yapay besin ortamlarında bitki parçalarının veya hücrelerinin kısa süreli saklanması olarak tanımlanabilir. Bitki fizyolojisi, gen mühendisliği vb. çalışma disiplinlerinde kullanılan bu yöntem, bitkilerin kısa süre içerisinde ve

çok sayıda çoğaltılmasına imkân sağlamaktadır (Wang ve Ha, 2007). Bu yöntemin içerdiği tekniklerden sadece bitki materyalinin muhafazasında değil, materyal toplama, materyalin hastalıklardan arındırılması gibi amaçlar için de faydalanılmaktadır. (Balkaya ve Yanmaz, 2001).

3.2.3.3. Kriyoprezervasyon Tekniğiyle Muhafaza

Kriyoprezervasyon tekniği, biyolojik çeşitliliğin korunması amacıyla çeşitli olumsuz koşullar nedeniyle yok olma riski taşıyan bitki tür ve çeşitlerinden alınan parçacıkların çok düşük sıcaklıklardaki (-196 °C), sıvı azot ortamlarında uzun süreli saklanması ilkesine dayanmaktadır. (Bilir, 2016). Bu yöntem, *in vitro* tekniklerin uzun süreli koruma sağlamaması, ekonomik olmaması, kontaminasyon ve somaklonal varyasyon riski gibi dezavantajlarından dolayı tercih edilmektedir. Bu muhafaza yönteminde gövde ucu, tomurcuk, meristem, polen, tohum, embriyo, kallus gibi çeşitli doku ve organlar materyal olarak kullanılmaktadır (Taşkın, 2008; Mohammad-Tagipur ve ark., 2016; Yılmaz Gökdoğan ve Kaya, 2017). Bu konuda yapılan araştırmalar 1960 yılından sonra yoğunlaşmaya başlamış olup, 1968 yılında keten bitkisinde üzerinde dimetil sülfü oksid ile hücre kültürleri hedef alınmış ve -50 °C’ de başarılı bir şekilde muhafaza edilmiştir. Sonraki süreçte farklı araştırmacılar, çilekte (Mullin ve Schlegel, 1976; Sakai ve ark., 1978; Kartha ve ark., 1980), havuçta (Withers ve King 1979, 1980), patatesten (Grout ve Henshaw, 1980; Towill, 1983) bu tekniği kullanarak çalışmalar yapmıştır (Taşkın, 2008). Günümüzde de kriyoprezervasyon tekniği gelişme göstererek uygulanabilirliği devam

etmektedir. Kriyoprezervasyon uygulamasında hücre ve meristem kültürü için Şekil 2’de gösterilen aşamalar genel olarak takip edilmektedir.



Şekil 2: Genel Kriyoprezervasyon Aşamaları (Bilir, 2016).

4. BİTKİ GENETİK KAYNAKLARININ KULLANIMI

Dünya 21. yüzyılını yaşarken her alanda hızlı bir şekilde ilerleme gösteren bilim ve teknolojiye yeni gelişmeler göz alıcı bir boyuta ulaşmaktadır. Yaşanan bu gelişmeler tarımsal alanda da sonuçlarını göstermektedir. Fakat bu gelişmelerin yanında her geçen gün ekolojik dengenin bozulmasına neden olan, canlıların yaşamını tehdit eden

çeşitli olumsuz durumlar da yaşanmaktadır. İnsanoğlunun yaşamını sürdürebilmesi için ihtiyaç duyduğu gıda vb. ihtiyaçlarının karşılanmasında bitkisel üretimin önemi tartışılmazdır. Mevcut süreçte ve gelecekte hayati derecede önem taşıyan bu konuda yapılması gereken öncelikli çalışmalar, en önemli doğal kaynağımız olan genetik kaynakların korunması olmalıdır. Farklı iklimsel koşullara adapte olan, zengin çeşitlilik içeren bu kaynakların kullanımında hem yeni çeşitlerin geliştirilmesine olanak tanınması hem de gelecek nesillere güvenli bir şekilde ulaştırılması yönünden doğru stratejilerin izlenmesi gereklidir. Bu stratejiler ise biyolojik çeşitliliği tanımlama, değerlendirme, kullanıma uygun hale getirme ve doğru uygulamalar ile kullanarak koruma altına alma olarak sıralanabilir (Şehirli ve ark., 2005). Bitki gen kaynaklarının çeşitliliği bakımından oldukça zengin olan Türkiye’de bu varyasyonun değerlendirilmesi, korunması ve ekonomiye kazandırılması yönündeki çalışmaların hız kazanması hayati önem taşımaktadır. Bilhassa küresel iklim değişikliği ve küresel ölçüde yaşanan Covid-19 pandemi sürecinin sonucu olarak gıda üretimindeki zorluklar, arz-talep dengesinin bozulması ve lojistik sektöründe yaşanan güçlükler her ülkenin bu konuda çalışmalara ağırlık vermesine neden olmuştur (Erat ve Balık, 2022).

Ülkemizde ekonomik önemi yüksek olan bitki materyallerimiz korunmakla beraber daha fazla genetik kaynağa ihtiyaç vardır. Biyoteknoloji alanındaki yeni tekniklerin ortaya çıkmasıyla organizmaların gen düzeyinde de değerlendirilmesi mümkün hale gelmiştir. Çeşitli moleküler tekniklerin uygulanması ile karakterize

edilen genetik kaynaklar koruma altına alınabilmekte ve biyoteknolojik açıdan farklı amaçlar için de kullanılmaktadır (Gepts, 2006; İlhan, 2017). Klasik ıslah tekniklerinin yanında *in vitro* olarak geliştirilmiş yeni yöntemler ve DNA markör teknolojisinin sürekli gelişimi ve kullanımıyla birlikte kantitatif karakterlerin haritalanması mümkün hale gelmiştir. Genetik bilimindeki gelişmeler ile de bitkilerde gen aktarım uygulamaları geliştirilmiş olup çeşitli bitkisel organizmalara uygulanması sağlanmıştır (Roa ve ark., 2016; İlhan, 2017).

SONUÇ

Bu bölümde bitki genetik kaynakları bakımından Türkiye' nin durumu, koruma teknikleri, koruma çalışmaları ve genetik kaynakların kullanımı konularında değerlendirmeler yapılarak konunun önemi vurgulanmıştır. Ülkelerin ekonomik bakımdan gelişmelerine katkı sağlayan önemli sektörlerden biri tarım sektörüdür. Tarımsal alanda kendine yetebilen ve aynı zamanda ürününü ihraç edebilen ülkelerde hem üretici hem de tüketici açısından gelir düzeyinin artması beklenen bir sonuç olacaktır. Bu amaç doğrultusunda genetik kaynakların korunması ve değerlendirilmesi önemli bir yer tutmaktadır. Fakat olumsuz çevre koşulları, hastalıklar, yanlış tarımsal uygulamalar vb. çeşitli olumsuz durumlar nedeniyle bitki gen kaynakları yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalarak kayıplar meydana gelmektedir. Tarımı yapılan türler başta olmak üzere yabani türlere ait bitki genetik kaynaklarının korunarak doğru stratejilerle kullanılması bitkisel üretim alanında sürdürülebilirliğe katkı sağlayarak tarımsal iyileşmenin ve gelişmenin önünü açacaktır.

Bitki genetik kaynaklarının klasik ıslah yöntemlerinin yanında modern biyoteknolojik ve moleküler destekli çalışmalarla desteklenerek muhafaza altına alınarak değerlendirilmesi hem mevcut süreçte hem de gelecekte oluşturacağı kazanımlarla beraber ekolojik dengenin de sağlıklı bir şekilde oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Atik, A.D., Öztekin, M., & Erkoç, F. (2010). Biyoçeşitlilik ve Türkiye' deki endemik bitkilere örnekler. *Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty (GUJGEF)*, 30(1).
- Aykas, L., Taş, N., Adanacıoğlu, N., Oğur, E., & Özer, U. (2016). Ulusal tohum gen bankası. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(2): 44-50.
- Balkaya, A., & Yanmaz, R. (2001). Bitki genetik kaynaklarının muhafaza imkânları ve tohum gen bankalarının çalışma sistemleri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 10(39), 25-30.
- Bilir, Ö. (2016). Bitki genetik kaynaklarının muhafazası açısından biyoteknoloji. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2): 29-33.
- Bürün, B. (2021). Bitki biyoçeşitliliğinin korunmasında biyoteknolojinin kullanımı ve Türkiye' deki çalışmalar. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 10(1): 1-16.
- Cruz-Cruz, C.A., González-Arno, M.T., & Engelmann, F. (2013). Biotechnology and conservation of plant biodiversity. *Resources*, 2(2): 73-95.
- Dilbirliği, E. (2007). Biyolojik çeşitlilik ve genetik kaynakların sürdürülebilir kullanım stratejilerinin değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. *Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
- Ekim, T. (2005). Bitkiler. *Tohumlu bitkiler, Türkiye' nin biyolojik zenginlikleri, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara*, 167-195.
- Erat, K., & Balık, H.İ. (2022). Bitkisel biyoçeşitlilik ve genetik kaynaklar. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 3(2): 117-125.
- Gepts, P. (2006). Plant genetic resources conservation and utilization: the accomplishments and future of a societal insurance policy. *Crop Science*, 46(5): 2278-2292.
- Grout, B.W.W., & Henshaw, G.G. (1980). Structural observations on the growth of potato shoot-tip cultures after thawing from liquid nitrogen. *Annals of Botany*, 46(2): 243-248.

- İlhan, D. (2017). Bitki biyoteknolojisinde genetik kaynakların önemi. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(2): 134-144.
- Karagöz, A., Tan, A., Özbek, K., Yıldız, A., Keskin, E., Bilgin, A., Aykas, L., & Deniz, D. (2020). Tarımda bitki genetik kaynakları alanında mevcut durum ve gelecek. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, 257.
- Kartha, K.K., Leung, N.L., & Pahl, K. (1980). Cryopreservation of strawberry meristems and mass propagation of plantlets1, Journal of the American Society for Horticultural Science, 105(4): 481-484.
- Manole-Paunescu, A. (2014). Biotechnology for endangered plant conservation. Biotechnology and Biodiversity, 181-202.
- Mohammad Tagipur, E., Seker, G., Teixeira da Silva, J.A., & Yalcin Mendi, Y. (2016). Somatic embryogenesis, cryopreservation, and *in vitro* mutagenesis in cyclamen. In: Mujib, A. (eds) Somatic Embryogenesis in Ornamentals and Its Applications. Springer, New Delhi.
- Mullin, R.H., & Schlegel, D.E. (1976). Cold storage maintenance of strawberry meristem plantlets1, HortScience, 11(2): 100-101.
- Reed, B.M., Sarasan, V., Kane, M., Bunn, E., & Pence, V.C. (2011). Biodiversity conservation and conservation biotechnology tools. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 47: 1-4.
- Roa, C., Hamilton, R.S., Wenzl, P., & Powell, W. (2016). Plant genetic resources: needs, rights, and opportunities. Trends in Plant Science, 21(8): 633-636.
- Sakai, A., Yamakawa, M., Sakata, D., Harada, T., & Yakuwa, T. (1978). Development of a whole plant from excised strawberry runner apex frozen to -196°C. Low Temperature Science. Ser. B, Biological Sciences, 36: 31-38.
- Şehirali, S., & Özgen, M. (1987). Bitki genetik kaynakları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1020: 294.
- Şehirali, S., Özgen, M., Karagöz, A., Sürek, M., Adak, S., Güvenç, İ., & Kenar, D. (2005). Bitki genetik kaynaklarının korunma ve kullanımı. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası VI. Teknik Kongresi, 1: 253-273.

- Tan, A. (1998). Current status of plant genetic resources conservation in Turkey. In International Symposium on *In Situ* Conservation of Plant Genetic Diversity, Antalya (Turkey), 4-8 Nov 1996. Central Research Institute for Field Crops.
- Tan, A. (2010). Türkiye bitki genetik kaynakları ve muhafazası. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 20(1): 9-37.
- Tan, A., & Tan, A.S. (2002). *In situ* conservation of wild species related to crop plants: the case of Turkey. In Managing plant genetic diversity. Proceedings of an international conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 12-16 June 2000 Wallingford UK: CABI Publishing, p. 195-204.
- Taşkın, T. (2008). Bitki genetik kaynakların korunmasında dondurarak muhafaza (cryopreservation) teknikleri ve uygulamaları. Anadolu: Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 18 (2): 62 -78.
- Towill, L.E. (1983). Improved survival after cryogenic exposure of shoot tips derived from *in vitro* plantlet cultures of potato. Cryobiology, 20(5): 567-573.
- Vural, M. (2003). Türkiye' nin tehlike altındaki bitkileri. FAO/BM Tematik Grubu, Türkiye'de Biyolojik Çeşitlilik ve Organik Tarım Çalıştay Raporu, 15, 16.
- Wang, M., & Ha, Y. (2007). An electrochemical approach to monitor pH change in agar media during plant tissue culture. Biosensors and Bioelectronics, 22(11): 2718-2723.
- Withers, L.A., & King, P.J. (1979). Proline: a novel cryoprotectant for the freeze preservation of cultured cells of *Zea mays* L. Plant Physiology, 64(5): 675-678.
- Yılmaz Gökdoğan, E., & Kaya, E. (2017). Bitki biyoçeşitliliğinin kısa, orta ve uzun süreli korunması: biyoteknoloji ve kriyoprezervasyon. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(1): 87-111.

BÖLÜM 7

CAPSICUM ISLAHI VE BİYOTEKNOLOJİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe ÖZSAN KILIÇ^{1*}

Prof. Dr. Ahmet Naci ONUS¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8284975>

¹Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya, Türkiye.
tugceozsan@akdeniz.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3265-6886;
onus@akdeniz.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-8615-1480

*: Sorumlu yazar

GİRİŞ

Capsicum cinsi, ekonomik bakımdan önemli birçok sebzenin de yer aldığı *Solanaceae* ailesi içerisinde yer almaktadır. Değişik form ve boyutta olmalarının yanı sıra çok değişken renkleri de barındıran tür ve varyeteleri içermektedir. Biberin orijini Amerika kıtası olarak bilinmekle birlikte, dünyanın hemen hemen her yerinde yetiştiriciliğine rastlamak mümkündür. Ülkemizde de her bölgede az ya da çok miktarda biber üretimi yapılmaktadır. Günümüzde biberin tüketime sunulma şekli gıda olarak (taze tüketim, kurutulmuş ya da işlenmiş) ya da fonksiyonel gıda, endüstriyel ve tıbbi ürünlerde etken madde olarak iki ana biçimde karşımıza çıkmaktadır. Farklı tüketim şekillerine hitap eden biberin 2021 FAO verilerinde, 125' i taze biber tüketimi, 72' si de kuru biber tüketimi amacıyla çeşitli ülkelerde üretiminin yapıldığı yer almaktadır (Anonim, 2021).

Bitki sistematğinde biberin yeri aşağıda sunulduğu gibidir;

Alem: *Plantae*

Bölüm: *Magnoliophyta*

Sınıf: *Magnoliopsida*

Takım: *Solanales*

Familya: *Solanaceae*

Cins: *Capsicum*

Yakın zamana kadar *Capsicum* cinsinin 35 tür barındırdığı bilirse de yeni tanımlanan türlerin eklenmesiyle bu sayının 40' ı aştığı bildirilmiştir (Barboza ve ark., 2019, Abak ve Onus, 2022). Bu türlerden *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* ve *C. pubescens* olmak üzere başlıca beş tanesinin kültürü yapılmakta, bunlar arasında ise yetiştiriciliği en yaygın olan tür *C. annuum* olarak bilinmektedir (Onus, 1995).

Biber, ılıman iklim koşullarında tek yıllık, tropikal ve subtropikal iklim koşullarında ise çok yıllıktır. Genç dönemlerinde kırılğan ve otsu yapıda olan gövde 8-14 boğumdan sonra dallanma göstermeye başlar. Dallanma oluşumunu yaprak, çiçek ve meyve oluşumları takip eder ve bitkinin büyümesi sürekli olarak devam eder. Oluşan meyveler gerek şekil, irilik, ağırlık, gerek ham ve olgunlaşmış meyvenin rengi, gerekse de meyve et kalınlığı ya da acılık gibi birçok özellik bakımından çeşit bazında çeşitlilik göstermektedir. Meyvelerin renkleri ham dönemlerinden olgunluk dönemlerine kadar açık yeşilden koyu yeşile, sarıdan morumsu siyaha kadar farklılık göstermekte, ya da turuncu-kırmızı gibi renkler sergileyebilmektedir (Şekil 1).

Meyvelerin bu denli farklı renklerde olması, 30 farklı renk pigmentini barındırmasından kaynaklanmaktadır. Bu renk pigmentlerinden en önemlileri yeşil rengi veren klorofil a ve b, kırmızı rengi sağlayan capsanthin ve capsorubin, sarı ve turuncu rengi veren β -karoten ve β -cryptoxanthin maddelerinin yanı sıra lutein, zeaxanthin, violaxanthin ve antheraxanthin de biberde bulunan diğer önemli renk pigmentleridir (Abak ve Onus, 2022).



Şekil 1: Tatlı ve Acı Biber Meyve Tiplerinin Popüler Örnekleri (Kaynak: Tripodi ve Kumar, 2019)

Capsicum cinsinde yer alan türler için genel olarak kromozom sayısı $x = 12$ ' dir ($2n = 2x = 24$). Bununla birlikte bazı yabancı türlerin (örn. *C. campylopodium*) $x = 13$ kromozoma sahip olduğu bilinmektedir. Kültüre alınmış türler arasında *C. annuum* var. *glabriusculum* gibi bir tetraploid ($2n = 4x = 48$) türün olduğu kabul edilen türler de mevcuttur (Tripodi ve Kumar, 2019).

1. BİBER ISLAHINDA TEMEL HEDEFLER

Biber ıslahına yönelik hedefler dört temel maddede toplanabilir (Tripodi ve Kumar, 2019). Bunlar;

- a. Verim, renk, şekil, parlaklık, tat gibi meyve kalite özellikleri ile meyve tutumu, yetiştirme dönemlerine uygunluk ve adaptasyon yeteneği gibi ana tarımsal özellikler;
- b. Kuraklık, tuzluluk, yüksek-düşük sıcaklıklar, fizyolojik bozukluklar gibi abiyotik stres koşullarına tolerans;
- c. Bakteri, mantar ve virüs kaynaklı çeşitli hastalık ve zararlılara dayanıklılık;
- d. Kapsaisinoidler, flavonoidler (fenolikler) ve askorbik asit (C vitamini) gibi çeşitli biyoaktif bileşenlerin iyileştirilmesi ile ilişkili kalitenin artırılması.

Global ölçekte biber ıslah hedeflerine bakacak olursak; taze veya işlenmiş olarak tüketimi yaygın olan biber, cins, ebat, renk ve şekil bakımından dünyada büyük bir çeşit yelpazesine sahip olup dünya ve çeşitli yöresel mutfakların menülerinde önemli bir yer tutmaktadır.

Blocky tip, yarı uzun tip Lamuyo (özellikle İspanya ve İtalya pazarı için önemli) ve çeşitli sivri biber türleri için en yaygın yetiştirilen türler için üstün performansa sahip biber melezleri sunmak ıslahçıların genel hedefleri arasındadır. Pazar büyüklüğü, yetiştirme alanı, yetiştirme sistemi türü (orta ve kuzey Avrupa' da örtüaltı ısıtmalı sera veya güney Avrupa' da ısıtılmamış plastik sera veya açık alan) ve ekim

tarihleri de ıslah hedeflerine karar verirken dikkate alınan önemli ek faktörlerdir.

Günümüzde ıslah çabaları geçmişte de olduğu gibi verimi, kaliteyi ve güvenilirliği artırmaya odaklanmıştır. Ancak, pazarın ihtiyaçları ve fırsatlarına bağlı olarak biber türleri arasında ve türler arasında özellikler, hedefler ve öncelikler açısından da farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin, Hollanda veya İspanya' da yüksek performanslı bloky tip bir biber çeşidi elde etmek için farklı bir ürün modeli gerekir çünkü yetiştirme sistemleri, mevsimler ve yetiştirme koşulları farklıdır. Islah çalışmaları ve hedefleri, genel olarak ifade edilecek olursa, ıslah firmasına göre farklılıklar göstermekle birlikte Avrupa'da, örtüaltı yetiştiriciliği için için bloky ve konik türlerin yanı sıra lamuyolara odaklanmaktadır. Örneğin Syngenta biber ıslahı Ar-Ge ekipleri İspanya, Hollanda, İsrail, Meksika, ABD ve Brezilya' da bulunmaktadır. Islah hedefleri de esas olarak bu büyük pazarlara odaklanmıştır, ancak aynı zamanda Hindistan, Çin, Meksika gibi diğer gelişmekte olan pazarlara da hizmet etmek için çok çabaları olduğu görülmektedir. Syngenta biber ıslah ekibinin hedefi tüm ekolojiler için (ısıtmalı sera, ısıtmasız sera, açık alan) bloky tiplere odaklanmıştır. Ayrıca firmanın uzun dolma ve Dulce Italiano (plastik seralar için) ve Cascadura (açık alan) gibi çeşitli uzun ve konik tiplerde de ıslah çalışmaları bulunmaktadır. Diğer taraftan Nunhems firmasının biber ıslah çalışmalarında bloky biberler üzerinde güçlü bir odaklanma olmakla birlikte diğer bölgesel tiplerde de çalışıldığı görülmektedir. Firma Avrupa'da yarı uzun (Lamuyos) biber ıslahı üzerinde dururken

örneğin yerel biber tiplerinin ıslahı için de Türkiye’de güçlü bir ıslah Ar-Ge varlığı bulunmaktadır.

Islah firmalarının ıslah hedeflerini ortaya koymasında genel olarak ülkesel/bölgesel bazda tüketici talepleri belirleyici olmaktadır. Örneğin spesifik olarak, renk tercihi her bölge/ülke için değişebilir. Kuzeybatı Avrupa’da tüketiciler biberlerinin parlak kırmızı bir renge sahip olmasını tercih ederken, güney Avrupa’ da daha koyu kırmızıyı tercih etmektedirler. Diğer taraftan Rijk Zwaan’ ın tatlı Palermo tipinde olduğu gibi bazı segmentlerde de lezzet çok önemli olmaktadır. Daha popüler hale gelen atıştırılabilir biberler söz konusu olduğunda ise tatlılık derecesi ıslah hedefleri arasında öne çıkmaktadır. Aynı zamanda bu segment için geliştirilecek olan çeşidin çok fazla tohum içermemesi, gevrek ve sulu olması ve çiğnerken ağızda kabuk kalmaması önemli ıslah hedefleri arasında yer almaktadır. Diğer bir örnek ise Türkiye’ de çok popüler olan ve tüketilen dolmalık biberdir. Dolmalık biber ıslahında ise kabuk çok kalın olmamalı veya pişirme süresi kısa olmalıdır.

Diğer ürünlerde olduğu gibi, biberde de verim çok önemli bir ıslah hedefi olmakla birlikte, aynı zamanda pazar segmentine de bağlıdır. Örneğin; biberlerin maksimum kontrollü koşullarda yetiştirildiği Hollanda’ nın yüksek teknoloji seralarında her kilo önemlidir. Bir çeşit 0.5 kg daha fazla verim verdiğinde, yetiştiricinin karı üzerinde zaten önemli ve olumlu bir etkisi olabilmektedir. Bu yüksek teknoloji pazarında, yıllık verim artışı yüzde 1 veya 2 civarındadır. Daha düşük teknik seviyeye sahip pazarlarda ise (özellikle

açık tarla üretimi), istikrarlı bir üretime sahip olmak özellikle önemlidir ve mutlak suretle ıslah hedefleri arasında yer almaktadır.

Ayrıca ıslah edilecek çeşidin istikrarlı performans göstermesi için biyotik veya abiyotik her türlü strese karşı dayanıklı veya tolerans olması da esastır. Bununla birlikte çok çeşitli hastalıklara karşı dayanıklılık ıslahı üzerinde çalışırken, biber tipine göre karakteristik meyve özelliklerinin korunması ıslahın birincil hedefleri arasında rutin olarak yer almaktadır.

2. BİBERDE ISLAH METOTLARI

Biber ıslahında yararlanılan metotlar, çiçek biyolojisine göre farklılık göstermekte introduksiyon ıslahı, seleksiyon ıslahı, melezleme ıslahı, mutasyon ıslahı ve heterosis ıslahı biberde ıslah hedeflerine ulaşmak amacıyla yararlanılan metotlardan bazılarıdır. Klasik ıslah metotlarının yanı sıra doku kültürü yöntemleri, moleküler yöntemler ve genetik mühendisliği çalışmaları son zamanlarda biberde kullanılan ıslah metotları arasında yer almaktadır.

2.1. Klasik Islah Metotları

2.1.1. İntroduksiyon Islahı

İntroduksiyon, ıslah çalışmalarının yapıldığı bölgenin iklim ve toprak gibi ekolojik koşullarına adaptasyon sağlayabilecek verim, dayanıklılık ve kalite bakımından üstün özelliklere sahip çeşitlerin/genotiplerin ıslahçının melezleme projeksiyonunda kullanılması amacıyla yurtdışından getirilmesidir. Yurtdışından temin

edilen üstün nitelikli çeşitler, belirli hastalık testleri ve uyum denemeleri yapıldıktan sonra üreticilerin hizmetine sunulmakta ya da çok daha üstün nitelikli ve verimli bireylerin elde edilmesi amacıyla melezlemelerde ebeveyn olarak yer bulmaktadır. Ülkemizde yapılan introdüksiyon ıslahına yönelik, materyallerin durumu hakkında yeterli bilgi mevcut olmamakla birlikte, konuya ilişkin ilk kayıtların 16. yüzyıldan itibaren olduğu düşünülmektedir.

2.1.2. Seleksiyon Islahı

En eski ıslah metotlarından biri olan seleksiyon ıslahı, genetik varyasyonun görüldüğü bitki topluluğundan, yapılan ıslahın amacına uygun olarak bitkilerin seçilmesidir. Seleksiyon ıslahı, biber ıslah metotları arasında önemli bir yere sahiptir. Özellikle yeni çeşit geliştirilmesi amacıyla sıklıkla kullanılan bu metot; toptan seleksiyon ve teksel seleksiyon yöntemleri şeklinde uygulanmaktadır.

Toptan seleksiyon, biber ıslahında kolaylıkla uygulanabilen yöntemlerden biridir. Bu yöntem, yerel bitki topluluklarının saflaştırılması ve çeşit haline getirilmesi amacıyla kullanılmasının yanı sıra, çeşit koruma ıslahı olarak tohumluk üretimi esnasında da kullanılmaktadır. Bu yöntemde seleksiyon fenotipe dayalı olduğu için, seleksiyon çalışmalarının, yüksek genetik varyasyona sahip bitki topluluklarında ve üzerinde çalışılan özelliklerin kendini kolayca ifade edebildiği iklim koşullarında yapılması önemlidir (do Rêgo ve ark., 2016; Abak ve Onus, 2022). Ülkemizde Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü araştırmacıları tarafından bu yöntem

kullanılarak “Kandil Dolma” ve “Yalova Tatlı Sivri” çeşitleri elde edilmiştir (Özalp, 2021).

Teksel seleksiyonda seçilen bitkilere ait tohumlar ayrı ayrı alınmakta ve bir sonraki generasyonda ekimleri ayrı ayrı yapılmaktadır. Toptan seleksiyon ile karşılaştırıldığında emek ve masrafın daha fazla olduğu görülmekle birlikte döl kontrolünün yapılabilir olması ve düşük kalıtım derecesine sahip özelliklerde dahi isabetli seçimlere imkân tanınması, bu yöntemin üstün özelliklerindedir. Ülkemizde tek sel seleksiyon yöntemiyle geliştirilmiş çeşit sayısı oldukça fazladır. Bunlar arasında yer alan “Yalova Yağlık 28”, “Yalova Charleston 342”, “Yalova Çorbacı 12” çeşitleri Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü tarafından, “Seyrek” çeşidi Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından ve “Sera Demre 8” çeşidi ise Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen biber çeşitlerimizdir.

2.1.3. Melezleme Islahı

Islah çalışmalarında bitki topluluklarında genetik varyabilitenin yüksek olması istenmektedir. Genetik varyabilitenin artırılmasına katkı sağlamak amacıyla başvurulan yöntemlerden birisi melezlemedir. Melezleme ıslahı yapılırken dikkat edilmesi gereken önemli kriterlerden biri, seçilen ebeveynlerden birisinin eklenmesi istenen özelliklere sahip olması diğerinin ise yetiştiriciliğinin yapılacağı bölgeye kolay adaptasyon sağlayabilecek nitelikte olmasıdır.

Melezleme ıslahında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Pedigri, bulk tek tohum dölü (SSD) gibi farklı teknikleri içeren kombinasyon

ıslahı, geriye melezleme ıslahı ve heterosis ıslahı (hibrit çeşit ıslahı) melezleme ıslahında kullanılan yöntemlerdendir.

Kombinasyon ıslahı, aynı türdeki iki ya da daha fazla ebeveynin kullanıldığı, çok sayıda özelliğin bir araya getirilebildiği ıslah yöntemidir. Bulk tekniğinin fazla kullanılmadığı kombinasyon ıslahı teknikleri arasında ıslahçılar pedigri ya da SSD tekniklerinden birini tercih etmektedir. Biber ıslahında yaygın olarak kullanılan teknik pedigri olsa da SSD tekniğinin de kullanıldığı bilinmektedir. Pedigri tekniğinde soy seçimine F₂ generasyonunda başlanır, seçilen her bir bireye soy ağacı numarası verilmektedir. İlerleyen generasyonlarda en iyi bireylerin seçilimi aynı şekilde sürdürülürken, soy ağacı numaralandırılması sayesinde herhangi bir generasyondaki herhangi bir bitkinin istenilen dönemlerdeki performanslarına bakılabildiği gibi F₂ generasyonunda ilk seçilen orijinal bireyin özelliklerine kadar bilgi alınabilir. SSD tekniğinde herhangi bir seçim yapılmadan, her bir generasyonda bitki topluluğundaki her bitkiden bir tohum alınmakta, ilerleyen generasyonlarda karışık olarak ekilmektedir.

Geriye melezleme ıslahı, yabani formlardan bir veya birkaç genin aktarılması amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Srivastava ve Mangal, 2019). Genellikle mevcut çeşitlerin yetersiz ya da eksik kalan özelliklerinin tamamlanması ya da değiştirilmesinde tercih edilen etkili bir yöntemdir. Hibrit çeşitlerin geliştirilmesi amacıyla da kullanılan bu yöntem, kalıtımı görece daha basit olan özelliklerin aktarılması için daha uygundur (Abak ve Onus, 2022). Geriye melezleme ıslahı yöntemi, hastalıklara direnç özelliklerinin aktarılmasında oldukça etkili

bir şekilde kullanılmakta olup, en başarılı örneklerinden biri, virüs direncinin biberde *Capsicum chinense* türünden *Capsicum frutescens* türüne aktarılmasıdır (Srivastava ve Mangal, 2019).

2.1.4. Mutasyon Islahı

Genetik varyabilitenin oluşturulmasında etkili kaynaklardan biri mutasyondur. Mutasyon ıslahı, kimyasal ve fiziksel mutajenlerin kullanılması yoluyla tek bir generasyonda bazı özelliklerde yeni varyasyonların oluşturulmasını ve kısa sürede bu varyasyonları barındıran yeni çeşitlerin genetik yapılarında fazla bozulmalara sebep vermeden geliştirilmesini amaçlamaktadır. Günümüzde modern bitki ıslahında sıklıkla kullanım olanağı bulunmasının yanı sıra biberde etkili ve verimli bir yöntem olduğu belirtilmektedir (Srivastava ve Mangal, 2019).

2.1.5. Heterosis Islahı

Hibrit biber çeşitlerinin ıslahında heterosis etkisinden yararlanılmaktadır. Heterosisin yabancı döllenmiş bitkilerde ortaya çıktığı bilinmekle birlikte kendine döllenmiş bitkilerde de görülmektedir. Heterosis, melez bireylerin kendilerini meydana getiren ebeveynlerden daha üstün niteliklere sahip olması şeklinde tanımlanmaktadır (Abak ve Onus, 2022). Yüksek verim, yüksek kalite ve erkencilik gibi nitelikler hibrit çeşit ıslahında ön plana çıkarken, biber bitkilerinde de birçok özellik bakımından heterotik etkinin görüldüğü daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Chaudhary ve ark. 2013; Abak ve Onus, 2022).

Hibrit çeşit elde edilmesi ve geliştirilmesi çeşitli aşamalara bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu aşamalar; “gen havuzlarının oluşturulması”, “saf hat eldesi”, “saf hat seleksiyonu”, “test melezlemeleri”, “genel ve özel kombinasyon yeteneği testleri” ve “verim denemeleri” şeklinde sıralanabilir.

Öncelikle, elde edilecek hibrit çeşitlerde bulunması istenilen farklı özelliklerin tümünün “gen havuzu” olarak isimlendirilen koleksiyonda bulunması gerekmektedir. En çok yararlanılan gen kaynakları arasında hastalık ve zararlılara dayanıklılık genleri, mevcut ıslah hatları, yerel çeşitler, açık tozlanan ticari çeşitlerdir. Saf hat eldesi, hibrit çeşit geliştirme aşamalarından ikicisidir. Islah amacına ve mevcut materyalin durumuna bağlı olarak teksel seleksiyon, pedigri ya da SSD tekniklerinden biri ya da birkaçı kullanılarak 4-5 generasyon kendileme yapıldıktan sonra, saf oldukları belirlenen hatlar bir sonraki aşamada kullanılmaktadır. Ardından gözlemler ve hastalıklara dayanıklılık testlemeleri yapılmakta ve hatların nitelikleri belirlenmektedir. Diğer aşamada mevcut hatların ebeveyn olabilme durumlarının tespiti amacıyla kombinasyon yeteneklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Genel kombinasyon yeteneğinin (GKY) test edilmesi, elde edilen saf hatların belirlenen ortak ebeveyn ile melezlenmesi ve melezlerin karşılaştırmalı olarak kendi aralarında değerlendirilmesiyle gerçekleştirilir. Nitelikli melezleri oluşturan hatlar GKY üstün olarak nitelendirilir ve özel kombinasyon yeteneği (ÖKY) testlemesine tabi tutulur (Özalp, 2021; Abak ve Onus, 2022).

2.2. Biyoteknolojik İslah Metotları

2.2.1. Doku Kültürü Yöntemleri

Haploid bitki üretim tekniği: İslah çalışmalarında oldukça önemli bir yere sahip olan haploid bitki elde etme tekniği, geleneksel ıslah programlarına entegre edilerek ıslah sürecini kolaylaştırmaktadır. Birçok çalışma için önemli bir genetik kaynak olarak da nitelendirilen haploid bitkilerin n olan kromozom sayılarının çeşitli kimyasallar ile ikiye katlanması ($2n$) sonucu tamamen homozigot bitkiler elde edilebilmektedir. Günümüze kadar biberde yapılan çalışmalarda, androgenesis – anter kültürü tekniğiyle oldukça olumlu sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir (Büyükalaca ve ark. 2004; Ercan ve Şensoy 2011; Çömlekçioğlu ve Ellialtıoğlu, 2018). İslah sürecini önemli ölçüde kısaltan ve agronomik yönden üstün olan özelliklerin tek bir generasyonda fikslenmesini sağlayan haploid tekniği günümüzde pek çok ıslah firması tarafından yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Embriyo kültürleri: Türler arası melezlerde yararlanılan bir teknik olan embriyo kültürü tekniği, melezlerde döllenme gerçekleşip embriyo gelişiminin durması, dolayısıyla bitki elde edilememesi durumunda kullanılmaktadır. Literatürde, biberde embriyo kurtarma tekniğine ilişkin başarılı çalışmalar bulmak mümkündür (Bodhipadma ve Leung, 2003; Liu ve ark., 2013; Walter ve ark., 2018).

Somatik embriyogenesis: Biberde somatik embriyogenesis tekniğinin uygulanması 1970' li yıllarda başlamış ancak uygulanabilirliğinin zorluğu, özellikle genotip, eksplant kaynağı, besi

ortamı içeriği, bitki büyüme düzenleyicileri ve konsantrasyonları, kültür ortamı şartları gibi çeşitli faktörlere bağlı olması uygulama başarısını etkilemektedir. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda başarılı sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir (Chee ve ark., 2018; İzgu ve ark., 2020).

2.3. Moleküler Markırlara Dayalı Islah Yöntemleri

Günümüzde biber ıslah çalışmalarında moleküler markırlara dayalı ıslah yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. DNA markırları ve biyokimyasal markırlar olarak iki kısımda incelenen moleküler markırlar, genom içinde mevcut herhangi bir gen bölgesini ya da gen bölgesiyle ilişkili DNA parçasını ifade ederler.

Biyokimyasal markırlar, protein ya da izoenzim markırları olarak da bilinmektedir. Sınırlı sayıda olan bu markırların kullanımları da sınırlıdır (Abak ve Onus, 2022). DNA markırları ise DNA dizilerinin farklılığına dayanmaktadır ve iki kategoride incelenmektedir. Bu kategoriler polimorfizmleri belirleme yöntemlerine dayanarak ayrılmakta; “hibridizasyona dayalı” ve “polimeraz zincir reaksiyonuna (PCR) dayalı” olarak değerlendirilmektedir (Kumar, 1999).

Hibridizasyona dayalı markırlar;

Sınırlı Parça Uzunluk Polimorfizmi (RFLP),

Değişken Sayıda Tekrarlayan Diziler (VNTR).

PCR’a dayalı markırlar;

Rastgele Çoğaltılmış Polimorfik DNA (RAPD),

Çoklu isteğe bağlı amplikon profillemeye (MAAP) tekniği,

İsteğe bağlı olarak hazırlanmış PCR (AP-PCR),

DNA çoğaltılmış parmak izi (DAF),

Basit Tekrarlı Diziler Arası Polimorfizm (ISSR),

Çoğaltılmış Parça Uzunluk Polimorfizmi (AFLP),

Basit Dizi Tekrarları (SSR),

Kesilip Çoğaltılmış Polimorfik Diziler (CAPSs),

Sekansı Belirlenmiş Çoğaltılmış Bölge (SCAR)

Tek Nükleotid Polimorfizmi (SNP) ve Insertion/Deletion (InDel)

Moleküler markır teknolojileri, markır yardımıyla seleksiyon (MAS), hastalık tanımlamada genetik haritaların oluşturulmasında DNA parmak izi çalışmalarında sistematik çalışmalarında, tohum safiyet testi çalışmalarında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Capsicum ıslahında kullanılmak üzere farklı tiplerde moleküler markırlar geliştirilmiştir. Bunlar arasında AFLP, RAPD, RFLP, SSR ve SNP bulunmaktadır. Geliştirilen bu moleküler markırlar, *Capsicum* ıslahında birçok önemli özelliğin kalıtımını anlamaya yardımcı olurken, öte yandan hastalıklara direnç genlerinin kantitatif özellik lokuslarının (QTL) haritalanması çalışmalarında detaylı bir şekilde kullanılmıştır (Srivastava ve Mangal, 2019).

2.4. Genom Düzenleme (Editleme) (CRISPR-Cas9)

Bitkisel üretimde hatırı sayılır ölçüde verim kayıplarına sebep olan faktörlerin başında hastalıklar – zararlılar ile çevresel faktörler gelmektedir. Özellikle global ölçekte düşünüldüğünde iklim değişikliği, artan dünya nüfusu, pestisit kullanımı ve yeni patojenlerin ortaya çıkışı ile birlikte gerek ülkelerin ekonomileri gerekse çevrede yaratılan tahribat dikkate alındığında akılcı çözümler üretilmesi oldukça önem arz etmektedir. Bu sebeple yenilikçi teknolojilerin kullanımı önem kazanmakta ve geleneksel bitki ıslahı yoluyla mümkün olandan daha hızlı ve daha etkili teknolojilerin kullanımı ön plana çıkmaktadır (Erdoğan ve ark., 2023).

Genom editleme ya da gen düzenleme, genetik bilimi araştırmacılarının bir organizmanın DNA' sını değiştirmesine izin veren bir dizi teknolojiyi ifade eder. Bu teknolojiler, genomdaki belirli bölgelere genetik bilginin eklenmesini, çıkarılmasını veya değiştirilmesini sağlar. Genom editleme için birçok yöntem geliştirilmiş olup, bunlar arasında kümelenmiş düzenli aralıklı kısa palindromik tekrarlar ve CRISPR ile ilişkili protein 9 anlamına gelen CRISPR-Cas9 iyi bilinen bir örnektir (Anuradha ve ark., 2023).

Bilim dünyasının ilgisini oldukça hızlı bir şekilde çeken CRISPR-Cas9 teknolojisi, önceki genom düzenleme teknolojilerinden farklı olarak daha hızlı, daha ucuz, daha kesin ve daha verimli sonuçlar sunmaktadır. CRISPR-Cas9, bakteriler tarafından kendilerini savunmak için kullanılan, doğal olarak var olan bir genom düzenleme mekanizmasından geliştirilmiştir. Bakteriler virüslerle enfekte

olduklarında, virüslerin DNA' sının küçük parçalarını alırlar ve CRISPR dizileri oluşturmak için bunları kendi DNA' larına belirli bir şekilde yerleştirirler. CRISPR dizileri, bakterilerin virüsleri (veya yakından ilişkili olanları) 'hatırlamasına' olanak tanır. Virüsler tekrar saldırırsa, bakteriler, virüslerin DNA' sının belirli bölümlerini algılayan ve bunlara bağlanan CRISPR dizilerinden RNA segmentleri üretir. Bakteriler daha sonra DNA' yı parçalamak için Cas9 veya benzer bir enzim kullanarak virüsü çalışmaz hale getirir (Ghorbani ve ark., 2021; Anuradha ve ark., 2023). Bu teknik son zamanlarda *Capsicum*' da *Colletotrichum* patojenine karşı kullanılmıştır (Borrelli ve ark., 2018). Bununla birlikte Mishra ve ark. (2021), CRISPR/Cas9 sisteminin, "Arka Lohit" biber çeşidinde hastalık duyarlılık geni CAERF28' i değiştirmede son derece etkili olduğunu göstermiştir. Günümüzde biberlerin tüm genom dizileri ve genom düzenleme araçları şu anda mevcut olmasına rağmen, biberlerin hassas bir şekilde düzenlenmesi, istikrarlı bir biber transformasyon yönteminin olmaması nedeniyle hala emekleme aşamasındadır. Bu konuda yapılmış sınırlı çalışmalardan biri olan Park ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada, biber transformasyonunda üç farklı *Agrobacterium tumefaciens* ırkının etkisi araştırılmıştır. İki farklı biber tipinde CRISPR/Cas9 tekniği ile uygun bir fosfinotrisin (PPT) konsantrasyonunu optimize ettiklerini, *A. tumefaciens* ile etkileşimde olan ve olmayan kallusları taradıklarında farklı indel frekanslarının yakalandığı bildirilmiştir.

3. *CAPSICUM* ISLAHINDA GELENEKSEL ISLAH YÖNTEMLERİ VE SINIRLAMALARI

Hibridizasyonu takiben seleksiyon, geri melezleme, yeni varyantların oluşturulması amacıyla mutagenез tekniği ve farklı genomlara ait daha yeni kombinasyonların oluşturulması amacıyla somatik hibridizasyon gibi çeşitli yöntemleri içeren geleneksel bitki ıslahı aslında, ürünlerin istenilen özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik temel bir yaklaşım olup, cinsin birincil gen havuzu içerisinde bitki genomlarının manipüle edilmesini içermektedir. Geleneksel bitki ıslahında genellikle, fenotipik değerlendirmeye dayalı olarak ticari açıdan önemli yeni özellikler tanımlanmaktadır.

Bazı durumlarda, özellikle yüksek kalite ve verim elde edilmek istendiği noktada, geleneksel bitki ıslahının uygulanabilirliği zorlaşmaktadır. Aslında bu noktada genotip ile fenotip arasındaki ayırım, geleneksel ıslah yöntemleri ile modern ıslah teknikleri arasındaki farkı da göstermektedir. Gen kalıtsaldır. Fenotip ise, genlerin bir çevre içindeki ifadesi olarak tanımlanabilir. Genetik çeşitlilik DNA seviyesinde uyarılmaktayken, öte yandan genotiplerin seçilimi fenotipik ifadeye dayanır. Sonuç olarak geleneksel ıslah yöntemleri, bitki ıslahçısının arzu ettiği özelliklerin yanı sıra istenmeyen özelliklerin de yeni çeşitlere aktarımını kaçınılmaz kılmaktadır.

Geleneksel bitki ıslahı ile ilgili bir diğer sınırlama ise ‘linkage drag’ olarak ifade edilen ‘bağlantı sürüklemesi/direnci’ dir. Bu durumda, hedeflenen özellikleri içeren genlerin yanı sıra istenmeyen genleri içeren kromozom segmentleri de taşınabilir. Çoğu durumda

geleneksel ıslah yöntemleri ile yeni bir genetik arka planda hedeflenen genlerin ifadesi kontrol edilememekte ve bu durum geleneksel ıslahın bir diğer sınırlaması olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle MAS tekniği gibi modern ıslah yöntemlerinin kullanılması, gerek geri melezleme sürecine ivme kazandırmak gerekse karşılaşılan bağlantı direncini azaltmak amacıyla önemli görülmektedir. Bitki ıslahında geleneksel yöntemlerin kullanılarak yeni çeşit geliştirme çalışmalarına devam edileceği aşikârdır, fakat uygun maliyetli, hızlı ve kesin sonuçların elde edilebildiği, bir genotipin var olan genetik potansiyelinin net olarak ifade edilebildiği moleküler ıslah yöntemlerine kıyasla, bitki ıslahında tek başlarına kullanımları yeterli olmayacaktır.

4. MOLEKÜLER ISLAH YÖNTEMLERİNİN BİBER ISLAHINDA GEREKLİLİĞİ

Doğrudan seleksiyon, hedeflenen özelliklerin, özellikle niteliksel özellikler için, genotip veya fenotipik değerlerinin performansına bağlıdır. Çevresel etkinin olduğu, niceliksel olarak kalıtımı sağlanan karmaşık karakterlerin seçimi için doğrudan seleksiyonun zorluğu sebebiyle dolaylı seleksiyon daha iyi bir alternatiftir. Moleküler markırlar, ölçülmesi zor olan veya çevreden etkilenen diğer özellikler ile sıkı bağlantısı olan özelliklerin seçimini gerçekleştirmek amacıyla bitki ıslahında kullanılan güçlü ve uygulanabilir araçlar olarak karşımıza çıkmıştır. MAS yöntemi, günümüzde DNA düzeyinde hedeflenen genlerin dolaylı seleksiyonu amacıyla kullanılan etkili ve güvenilir araçlardan biridir.

Moleküler markırlar aracılığıyla yapılan seleksiyon, fenotipik ıslaha kıyasla daha basit olmasının yanı sıra, seleksiyonun bitkinin herhangi bir gelişme aşamasında yapılabilir olması ve tek bir bitkinin yüksek bir güvenilirlikle seçilebilir olması ve bu durumun ıslah sürecinde ıslahçıya oldukça fazla zaman kazandırması gibi geniş fırsatlar sunmaktadır. Hastalık ve zararlılara dirençli genotiplerin kullanılmasının yanı sıra moleküler markırların kullanılması, biber üretimine yönelik artan talebi karşılamak ve çeşit geliştirme programlarına hız kazandırmak için önemli görülmektedir. Günümüze kadar biberde moleküler markırlar kullanılarak biber DNA parmak izi ve genetik çeşitliliğinin ortaya koyulması (Rego ve ark., 2011; Hossain ve ark., 2014; Costa ve ark., 2016), önemli biyotik streslerin QTL analizi (Dwivedi ve ark., 2013; Han ve ark., 2018) ve markır yardımıyla seleksiyon (Jeong ve ark., 2015; Suwor ve ark., 2017) gibi birçok çalışma gerçekleştirilmiştir.

Capsicum genotipleri arasında mevcut genetik çeşitliliğin ortaya koyulması, genotip farklılaşmasında güvenilirliğe destek olur. Bu amaca hizmet etmek için çeşitli markır sistemlerinden yararlanılmıştır. Bunlar arasında izoenzimler (Litoriya ve ark., 2010); AFLP (Ibiza ve ark., 2012); RAPD (Thul ve ark., 2012); SSR (Ibiza ve ark., 2012) ve ISSR (Thul ve ark., 2012) markırları yer almaktadır. Moleküler markırların kullanımının birçok bitkide olduğu gibi *Capsicum* türlerinde de farklı şekillerde faydaları bulunmaktadır. Bunlar arasında farklı ebeveyn kombinasyonlarının yaratılmasına destek olması ve hibrit çeşit geliştirilmesinde etkili olması, mevcut *Capsicum* türleri

arasında süregelen evrimsel ilişkinin anlaşılmasına yardımcı olması ve çeşitlerin tam olarak tanımlanmasında etkili olması sayılabilir.

Germplazma kaynaklarının DNA düzeyinde moleküler markırlar aracılığıyla karakterizasyonu, mevcut bitki genetik kaynaklarının muhafaza edilmesi ve kullanılması açısından önemlidir (Thul ve ark., 2012). Bu noktada MAS, geleneksel bitki ıslahında karşılaşılan birtakım zorlukların üstesinden gelmeye yardımcı, yenilikçi bir moleküler ıslah yöntemidir. Yakın geçmişte genomik bilimi alanındaki ilerlemeler sayesinde *Capsicum* türlerinde binlerce DNA markırı tanımlanmış olup, bunlar arasında haritalanmış mikro uydu markırları ve SNP olarak bilinen tek mükleotid polimorfizmleri de yer almaktadır (Huang ve ark., 2001; Lee ve ark., 2013; Buso ve ark., 2016; Cheng ve ark., 2016; Taranto ve ark., 2016).

Capsicum türlerinde çeşitli biyotik ve abiyotik stres dayanıklılıklarını, kalite ve bitki gelişimine ilişkin birtakım özellikleri kontrol eden bazı genlerin SSR ve SNP' lerle karakterizasyonları sağlanmış olup, MAS için oldukça yararlı kaynaklar olarak görülmektedir. Günümüzde *Capsicum* araştırmacıları tarafından en çok tercih edilen moleküler markırların başında SSR' lar gelmektedir. Basit, etkili ve diğer markırlara kıyasla kolay ulaşılabilir olmaları yaygın kullanılmalarının altında yatan temel sebeplerdendir (Cheng ve ark., 2016).

Şimdiye kadar yapılan birçok araştırmada *Capsicum* türlerine özgü gerek meyve-bitki özellikleri ve verim, gerek hastalık ve zararlılara direnç/tolerans ve gerekse besin içeriğini – kalitesini

arttırmaya yönelik bazı önemli özellikler için genler/OTL' ler haritalanmış ve bunlardan bazıları MAS' da kullanılmıştır. Bu önemli özellikler arasında acılık (Lee ve ark., 2005; Stewart ve ark., 2005, 2007), kapsantin içeriği (Lefebvre ve ark., 1998), meyve boyutu ve şekli (Chaim ve ark., 2001; Rao ve Paran, 2003), erkek kısırılığı (Chen ve ark., 2012), partenokarpi (Tiwari ve ark., 2011), CMV' ye direnç (Kang ve ark., 2010), külleme (Lefebvre ve ark., 2003) ve kök ur nematodları (Djian-Caporalino ve ark., 2001, 2007) yer almaktadır.

5. GELECEKTEKİ BEKLENTİLER

Günümüze kadar *Capsicum* ıslahına yönelik yapılan çeşitli çalışmalardan elde başarılar, daha fazla gelişme olasılığının mevcut olduğunu göstermektedir. *Capsicum*' da genetik çeşitliliğin tam anlamıyla ortaya koyulması, tüm genom dizisinin bilinmesi ve dizileme yöntemiyle genotipleme yoluyla SNP' lerin keşfi sayesinde olmuştur.

Capsicum türlerine ait var olan genetik bilgi ile genetik yapıda meydana getirilebilecek değişikliklerin çok daha büyük ölçüde yapılabilirliği söz konusudur. Öte yandan mevcut geniş genetik çeşitlilik ile gözlemlenen fenotipik değişkenlik ilişkisini ortaya koyan çalışma sayısı oldukça az sayıda kalmıştır. Üretilen genomik kaynaklar ile *Capsicum* türlerinde stres toleranslılığı, besin içeriği, acılık, verim ve hastalık/zararlı dayanımı gibi önemli özellikler arasındaki yeni ilişkilerin açıklanmasına yönelik çalışmalara ivme kazandırılması önemlidir.

Capsicum türlerinin yapısı itibariyle transformasyon ve rejenerasyon süreçlerine inatçı olmasından ötürü, transgenik

teknolojinin kullanımı yavaş ilerlemektedir. Hastalık direnci, abiyotik ve biyotik streslere tolerans, raf ömrü, geliştirilmiş besin profili ile insan sağlığına faydalı olan mikro besinlerin arttırılmış biyoyararlanımı gibi arzu edilen özelliklere sahip bitkiler yaratmak için en yaygın kullanılan araç olarak ortaya çıkan CRISPR/Cas9 genom düzenleme tekniği, *Capsicum* ıslahında da yerini almış ve çeşitli amaçlarla kullanılabilir duruma gelmiştir. Bu tekniğin *Capsicum* ıslahına ilave olarak diğer ürünlerin de ıslahına katkı koyma potansiyeli dikkate alındığında, gelecekte dünya çapında nüfusu etkileyen yetersiz beslenme ile mücadeleye yardımcı olabileceği ve beslenme güvenliğini sağlayabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, gerçekleşmesi yakın yeni teknolojilerin kullanımının ve ilerlemesinin devam edecek olması ve bu yeni teknolojilerin *Capsicum* ıslahında hâlihazırda mevcut olan geleneksel ıslah yöntemleriyle birlikte temel bir araç haline gelmesi beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Abak, K., & Onus, A.N. (2022). Biber Islahı. In: Sebze Islahı, Cilt III: Solanaceae (Patlıcangiller). Abak, K., Balkaya, A., Ellialtıoğlu Ş.Ş., Düzyaman, E. (Eds.). Gece Kitaplığı Yayınevi, Ankara, s: 195-315. ISBN: 978-625-430-116-2.
- Anonim (2021). FAO Food and Agricultural Data. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Anuradha, A.S., Sonia Sood, A.B., & Tamanna, S. (2023). Fruit rot of *Capsicum* spp.: implications and management strategies, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, DOI: 10.1080/14620316.2023.2226148.
- Barboza, G.E., Carrizo García, C., Leiva González, S., Scaldaferrro, M., & Reyes, X. (2019). Four new species of *Capsicum* (*Solanaceae*) from the tropical Andes and an update on the phylogeny of the genus. PLoS ONE, 14(1): e0209792. doi:0.1371/journal.pone.0209792.
- Bodhipadma, K., & Leung, D.W.M. (2003). *In vitro* fruiting and seed set of *Capsicum annuum* L. cv. Sweet Banana. *In vitro* Cellular & Developmental Biology Plant, 39: 536–539.
- Borrelli, V.M.G., Brambilla, V., Rogowsky, P., Marocco, A., & Lanubile, A. (2018). The enhancement of plant disease resistance using CRISPER/Cas9 technology. *Frontiers in Plant Sciences*, 9:1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01245>.
- Buso, G., Reis, A.M.M., de Souza Amaral, Z.P., & Ferreria, M.E. (2016). Novel and highly informative *Capsicum* SSR markers and their cross-species transferability. *Genet Mol Res*, 15(3). <https://doi.org/10.4238/gmr.15038689>.
- Büyükalaca, S., Çömlekçiöğlü, N., Abak, K., Ekbiç, E., & Kiliç, N. (2004). Effect of silver nitrate and donor plant growing conditions on production of pepper (*Capsicum annuum* L.) haploid embryos via anther culture. *European Journal of Horticultural Sciences*, 69(5): 206-209.
- Chaim, A.B., Paran, I., Grube, R.C., Jahn, M., van Wijk, M., & Peleman, J. (2001). QTL mapping of fruit-related traits in pepper (*Capsicum annuum*). *Theoretical and Applied Genetics*, 102:1016–1028.

- Chaudhary, A., Kumar, R., & Solankey, S.S. (2013). Estimation of heterosis for yield and quality components in chilli (*Capsicum annuum* L.). African Journal of Biotechnology, 12(47):6605-6610. doi:10.5897/AJB2013.13069.
- Chee, M.J.Y., Lycett, G.W., & Chin, C.F. (2018). Development of a direct transformation method by GFP screening and *in vitro* whole plant regeneration of *Capsicum frutescens* L. Electronic Journal of Biotechnology, 34:51-58. doi:10.1016/j.ejbt.2018.05.005.
- Chen, C., Hao, X.F., Chen, G.J., Cao, B.H., Chen, Q.H., Liu, S.Q., & Lei, J.J. (2012). Characterization of a new male sterility-related gene CaMF1 in *Capsicum annuum* L. Molecular Biology Reports, 39: 737-744.
- Cheng, J., Zhao, Z., Li, B., Qin, C., Wu, Z., Trejo-Saavedra, D.L., Luo, X., Cui, J., Rivera-Bustamante, R.F., Li, S., & Hu, K. (2016). A comprehensive characterization of simple sequence repeats in pepper genomes provides valuable resources for marker development in *Capsicum*. Scientific Reports, 6:18919.
- Costa, M.P.S.D., Rêgo, M.M.D., da Silva, A.P.G., do Rêgo, E.R., & Barroso, P.A. (2016). Characterization and genetic diversity of pepper (*Capsicum* spp) parents and interspecific hybrids. Genetics and Molecular Research, 15(2):1-12. <https://doi.org/10.4238/gmr.15027652>.
- Çömlekçiöğlü, N., & Ellialtıoğlü, Ş.Ş. (2018). Review on the research carried out on *in vitro* androgenesis of peppers (*Capsicum annuum* L.) in Turkey. Research Journal of Biotechnology, 13(6): 75-84.
- Djian-Caporalino, C., Pijarowski, L., Fazari, A., Samson, M., Gaveau, L., O'Byrne, C., Lefebvre, V., Caranta, C., Palloix, A., & Abad, P. (2001). High-resolution genetic mapping of the pepper (*Capsicum annuum* L.) resistance loci Me3 and Me4 conferring heat-stable resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). Theoretical and Applied Genetics, 103:592-600.
- Djian-Caporalino, C., Fazari, A., Arguel, M.J., Vernie, T., Vande Castele, C., Faure, I., Brunoud, G., Pijarowski, L., Palloix, A., Lefebvre, V., & Abad, P. (2007). Root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) Me resistance genes in pepper

- (*Capsicum annuum* L.) are clustered on the P9 chromosome. Theoretical and Applied Genetics, 114:473–486.
- do Rêgo, M.M., do Rêgo, E.R., & Barroso, P.A. (2016). Tissue Culture of *Capsicum* spp. In: Production and Breeding of Chilli Peppers (*Capsicum* spp.). Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-06532-8_6.
- Dwivedi, N., Kumar, R., Paliwal, R., Kumar, U., Kumar, S., Singh, M., & Singh, R.K. (2013). QTL mapping for important horticultural traits in pepper (*Capsicum annuum*). Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology, 24:154–160 <https://doi.org/10.1007/s13562-013-0247-1>.
- Ercan, N., & Şensoy, F.A. (2011). Androgenic responses of different (*Capsicum annuum* L.) cultivars. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 4: 59–61.
- Erdoğan, İ., Cevher-Keskin, B., Bilir, Ö., Hong, Y., & Tör, M. (2023). Recent developments in CRISPR/Cas9 genome-editing technology related to plant disease resistance and abiotic stress tolerance. Biology, 12: 1037. <https://doi.org/10.3390/biology12071037>.
- Ghorbani, A., Hadifar, S., Salari, R., Izadpanah, K., Burmistrz, M., Afsharifar, A., Eskandari, M.H., Niazi, A., Denes, C.E., & Neely, G.G. (2021). A short overview of CRISPR-Cas technology and its application in viral disease control. Transgenic Research, 30(3): 221–238. <https://doi.org/10.1007/s11248-021-00247-w>.
- Han, K., Lee, H.Y., Ro, N.Y., Hur, O.S., Lee, J.H., Kwon, J.K., & Kang, B.C. (2018). QTL mapping and GWAS reveal candidate genes controlling capsaicinoid content in *Capsicum*. Plant Biotechnology Journal, 16(9):1546-1558 <https://doi.org/10.1111/pbi.12894>.
- Hossain, S.M., Habiba, U., Bhuyan, S.I., Haque, M.S., Begum, S.N., & Hossain, D.M. (2014). DNA fingerprinting and genetic diversity analysis of chilli germplasm using microsatellite markers. Biotechnology, 13:174–180.
- Huang, S., Baoxi, Z., Milbourne, D., & Cardle, L. (2001). Development pepper SSR markers from sequence databases. Euphytica, 117(2):163–167.

- Ibiza, V.P., Blanca, J., Canizares, J. & Nuez, F. (2012). Taxonomy and genetic diversity of domesticated *Capsicum* species in the Andean region. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(6):1077–1088.
- İzğü, T., İlbi, H., & Yalçın Mendi, Y. (2020). Optimization of plant regeneration in different pepper (*Capsicum annuum* L.) lines. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*, 8(2):471-477. doi:10.24925/turjaf.v8i2.471-477.3207.
- Jeong, H.S., Jang, S., Han, K., Kwon, J.K., & Kang, B.C. (2015). Marker-assisted backcross breeding for development of pepper varieties (*Capsicum annuum*) containing capsinoids. *Molecular Breeding*, 35:226–235.
- Kang, W.H., Huy, N.H., Yang, H.B., Kwon, J.K., Jo, S.H., Seo, J.K., Kim, K.H., Choi, D., & Kang, B.C. (2010). Molecular mapping and characterization of a single dominant gene controlling CMV resistance in peppers (*Capsicum annuum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 120:1587–1596.
- Kumar, L.S. (1999). DNA markers in plant improvement: An overview. *Biotechnology Advances*, 17:143–182.
- Lee, C.J., Yoo, E.U., Shin, J.H., Lee, J., Hwang, H., & Kim, B. (2005). Non-pungent *Capsicum* contains a deletion in the capsaicinoid synthetase gene which allows early detection of pungency with SCAR markers. *Molecules and Cells*, 19(2): 262–267.
- Lee, J., Park, S.J., Do, J.W., Choi, D., Han, J.H., & Yoon, J. (2013). Development of a genetic map of chilli pepper using single nucleotide polymorphism markers generated from next generation resquencing of parents. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 31(4):473–482.
- Lefebvre, V., Kuntz, M., Camara, B., & Palloix, A. (1998). The capsanthin-capsorubin synthase gene: a candidate gene for the y locus controlling the red fruit colour in pepper. *Plant Molecular Biology*, 36: 785–789.
- Lefebvre, V., Daubeze, A.M., Voort, R.V.J., Peleman, J., Bardin, M., & Palloix, A. (2003). QTLs for resistance to powdery mildew in pepper under natural and artificial infections. *Theoretical and Applied Genetics*, 107: 661–666.

- Litoriya, N., Kaur, D., Patel, N.J., & Talati, J.G. (2010). Varietal identification of chilli (*Capsicum annuum* L.) by electrophoretic technique. *Indian Journal of Agricultural Biochemistry*, 23(1): 36–40.
- Liu, W.Y., Yang, H.B., Jo, Y.D., Jeong, H.J., & Kang, B.C. (2013). Classical genetics and traditional breeding in peppers. In: *Genetic genomic and breeding of pepper and eggplant*. Kang BC, Kole C (Eds.). C.R.C. Press, New York, 16–39.
- Mishra, R., Mohanty, J. N., Mahanty, B., & Joshi, R. K. (2021). A single transcript CRISPR/Cas9 mediated mutagenesis of CaERF28 confers anthracnose resistance in chilli pepper (*Capsicum annuum* L.). *Planta*, 254: 1–17. <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03660-x>.
- Onus, A.N. (1995). Unilateral incompatibility in *Capsicum*. PhD Thesis, University of Reading, UK.
- Özalp, R. (2021). Biber ıslahı. In: *Yazlık Sebze Islahı*. Eren, A. (Eds.). Nobel Yayıncılık, Atalay Matbaa, Ankara, s: 103-152. ISBN: 978-625-439-257-3.
- Park, S.İ., Kim, H.B., Jeon, H.J., & Kim, H. (2021). *Agrobacterium*-mediated *Capsicum annuum* gene editing in two cultivars, hot pepper CM334 and bell pepper Dempsey. *International Journal of Molecular Sciences*, 22: 3921. <https://doi.org/10.3390/ijms22083921>.
- Rao, G.U., & Paran, I. (2003). Polygalacturonase: a candidate gene for the soft flesh and deciduous fruit mutation in *Capsicum*. *Plant Molecular Biology*, 51: 135–141.
- Rego, E.R., Rego, M.M., & Farias-Filho, L.P. (2011). Genetic diversity in pepper (*Capsicum* spp.) by RAPD marker. *Acta Hort*, 918: 341–347.
- Srivastava, A., & Mangal, M. (2019). *Capsicum* Breeding: History and Development. In: *The Capsicum Genome*. Ramchiary, N. & Kole, C. (Eds.). Springer Nature, Switzerland. p: 25- 55. ISBN 978-3-319-97217-6 (eBook). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-97217-6>.
- Stewart, C.Jr., Kang, B.C., Liu, K., Mazourek, M., Moore, S.L., Eun, Y.Y., Kim, B.D., Paran, I., & Jahn, M.M. (2005). The Pun1 gene for pungency in pepper encodes a putative acyltransferase. *The Plant Journal*, 42: 675–688.

- Stewart, C.Jr., Mazourek, M., Stellari, G.M., O'Connell, M., & Jahn, M. (2007). Genetic control of pungency in *C. chinense* via the Pun1 locus. *Journal of Experimental Botany*, 58: 979–991.
- Suwor, P., Sanitchon, J., Thummabenjapone, P., Kumar, S., & Techawongstien, S. (2017). Inheritance analysis of anthracnose resistance and marker-assisted selection in introgression populations of chilli (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Horticulturae*, 220: 20–26.
- Taranto, F., D'Agostino, N., Greco, B., Cardi, T., & Tripodi, P. (2016). Genome-wide SNP discovery and population structure analysis in pepper (*C. annuum*) using genotyping by sequencing. *BMC Genomics*, 17: 943.
- Thul, S.T., Darokar, M.P., Shasany, A.K., & Khanuja, S.P. (2012). Molecular profiling for genetic variability in *Capsicum* species based on ISSR and RAPD markers. *Molecular Biotechnology*, 51(2):137–147.
- Tiwari, A., Vivian-Smith, A., Voorrips, R.E., Habets, M.E.J., Xue, L.B., Offringa, R., & Heuvelink, E. (2011). Parthenocarpic potential in *Capsicum annuum* L. is enhanced by carpelloid structures and controlled by a single recessive gene. *BMC Plant Biology*, 11: 143.
- Tripodi, P., & Kumar, S. (2019). The *Capsicum* Crop: An Introduction, In: The *Capsicum* Genome. Rampchiary N., Kole, C. (Eds.). Springer Nature, Switzerland. doi:10.1007/978-3-319-97217-6.
- Walter, R., Carvalho, V.S., Generoso, A.L., Rodrigues, R., & Gravina, G.A. (2018). Cultivation of immature *Capsicum* spp. Embryos for incompatible-crossing embryo rescue. *Acta Scientiarum Agronomy*, 40(1). doi:10.4025/actasciagron.v40i1.39474.

BÖLÜM 8

MUTASYONLARIN SİTOLOJİK OLARAK BELİRLENMESİ

Dr. Hayrettin PEŞKİRCİOĞLU¹

Dr. K. Yaprak KANTOĞLU^{1*}

Uzm. Irmak ÇAKIN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8284993>

¹ Türkiye Enerji Nükleer ve Maden Araştırmaları Kurumu, Nükleer Enerji Araştırma Enstitüsü, Ankara, Türkiye, hayrettin.peskircioglu@tenmak.gov.tr, ORCID ID: 0009-0003-8241-568X; kadriyeyaprak.kantoglu@tenmak.gov.tr, ORCID ID: 0000-0002-7247-9116; irmak.cakin@tenmak.gov.tr, ORCID ID: 0000-0001-8886-5348

*: Sorumlu yazar

GİRİŞ

16. yüzyılda ilk mikroskobik gözlem yapılacak aparatların geliştirilmesi ile bitkilerin sitolojik ve anatomik yapılarını anlamak üzere gözlemlere başlanmıştır. 1665 yılında İngiliz bilim insanı Robert Hooke tarafından mantar mikroskobik olarak incelenmiş ve inceleme sırasında araştırmacı tarafından görülen ölü mantar yapıları ilk defa “hücre” olarak tanımlanmıştır. 1831’ de Robert Brown’ ın hücre çekirdeğini keşfederek onu çekirdek olarak adlandırması bir diğer önemli adımdır. 19. yy’ da Alman biyolog Theodor Schwann 1839’ da ve botanikçi Matthias Schleiden 1838’ de hücrelerin hayvan ve bitkilerin temel parçacıkları olduğu yapmış oldukları gözlemler sonucunda ortaya konulmuştur. Özellikle hücre teorisi bir dizi gözlemler doğrulanarak fonksiyonları daha anlaşılır hale gelmiştir. 1858’ de Alman embriyolog ve anatomist Oscar Hertwig tarafından organizma süreçlerinin hücresel döngünün yansımaları olduğu öne sürülerek sitolojinin biyolojiden ayrı bir bilim dalı olması gerektiği savunularak sitoloji bilim dalının temelleri atılmıştır. 19. yüzyılın sonlarına doğru ise bitki anatomisine yönelik olarak pek çok fonksiyon daha iyi anlaşılır duruma gelmiştir. Bu dönemde Julius van Sachs uniform meristem hücre orijinli sınıflandırmayı yapmıştır (Kubinova ve ark., 2017). 1902-1904 yılları arasında Amerikalı genetikçi Walter Sutton ve Alman Zoolog Theodor Boveri kalıtım ve hücre bölünmesi arasındaki bağlantıyı ortaya koydukları çalışma ile sitogenetik keşiflerin önü açılmıştır. Başlangıçta kromozomların hücredeki işlevi tam olarak anlaşılamamış ve çekirdek kromozomlardır şeklinde bir yargıya

varılmışsa da ilerleyen zaman içinde farklı sitolojik yöntemler uygulanarak çekirdek ve kromozomlar hakkında daha detaylı gözlem yapılması sonucunda kromozomlara yönelik daha çok bilgi elde edilmiştir. Burnham 1964’ te kromozomların Mendel kurallarını izleyerek kalıtımın taşıyıcıları olduğu bildirilmiştir (Elçi ve Sancak, 2013; Kubinova ve ark., 2017). Bunu izleyen dönemde kromozomların yaşayan en küçük yapılar olduğu bildirilerek kromozomlar sitolojik olarak izlenmeye başlanmış ve bu amaçla pek çok yöntem geliştirmek üzere çalışmalar hızını artırmıştır.

Genetik çalışmalardaki ilerlemeler sitolojik çalışmalarında hızlanmasına ve daha yeni tekniklerin geliştirilmesine temel oluşturmuştur (Devi ve ark., 2005). Özellikle sitolojik olarak hücre bölünmesi, bölünme sırasında meydana gelen aşamalar, kalıtımın anlaşılmasında çok değerli verilerin elde edilmesinde etkili adımlar atılmasını sağlamıştır. Bugün bitki ıslahı çalışmalarında sitolojik gözlemler geliştirilen yeni mikroskobik teknikler “Fluorescence *In Situ* Hybridization” (FISH) ve “Genomic *In Situ* Hybridization” (GISH) ve diğer metotlarla birlikte fiziksel haritalama çalışmalarında büyük değer taşımaktadır (Devi ve ark., 2005). Özellikle fiziksel ya da kimyasal mutagen uygulamaları ile uyartılan ya da doğada kendiliğinden oluşan mutasyonlar sonucunda ortaya çıkan varyasyonlardaki farklılıkların ya da değişimlerin aydınlatılmasında sitolojik incelemeler doğru tanımlamaların yapılmasında önem arz etmektedir.

1. BİTKİSEL KAYNAKLI BİYOLOJİK İNCELEME METOTLARI KAPSAMINDA GENETİK TOKSİKOLOJİNİN TEMELLERİ

İnsanlığın varoluşuyla birlikte insanların çevreyi kirlettiği bir gerçekse de sanayileşmeyle bu kirlilik ciddi oranda artmıştır. Bunun sonucunda genotoksik kimyasalların salınımı ile kirlilik ve radyasyon seviyelerindeki artış ekosistemi insanlar da dahil olmak üzere organizmaların sağlığını etkilemiştir. Hava, su ve toprak kirliliğinin ve bunların organizmalar üzerindeki etkilerinin saptanması ve değerlendirilmesi için hızlı ve kesin yöntemlere ihtiyaç vardır (Sandhu ve ark., 1994).

Genetik toksikoloji; DNA hasarının ve koruyucu bileşiklerin tespitinde, DNA hasarının biyolojik sonuçlarının ve genetik materyalin değiştirilmesi ve onarılmasına yol açan moleküler etki biçimlerinin anlaşılmasını inceleyen çok disiplinli bir araştırma alanıdır. Son yıllarda, DNA reaktif bileşiklerin tanımlanması için çok sayıda genotoksikite test sistemi geliştirilmiştir. Bu test sistemlerinin geliştirilmesinin temel gerekçesi, insanın DNA hasarına ve sonuçlarına karşı korunmasıdır. Kanser oluşumunun çok aşamalı hipotezine göre, somatik hücrelerdeki mutasyonlar, hücrelerin kanser hücrelerine dönüşümünü uyarmasıdır (Pitot, 2002). Ayrıca yaşlanma süreçlerinin hızlanması ve damar sertliği gibi dejeneratif hastalıkların indüklenmesi de spontan DNA değişiklikleriyle ilişkilidir. Eşey hücrelerindeki DNA hasarı gelecek nesillere aktarılacağı için kalıtsal hastalıklara yol açmaktadır. Ayrıca, genotoksik kimyasalların salınımının artması, kozmik radyasyona karşı dünyamızın koruyucu magnetik kuşaklarının

ve atmosferin zayıflaması, insanlığın kendi ürettiği nükleer güç ve bunun ortaya çıkardığı radyoaktif kirlilik sonucunda ekosistemlerdeki genotoksik yükün artması kaçınılmazdır. Buna bağlı olarak genotoksik maddeler, organizmaların çoğalma mekanizmalarına olan etkisi kadar mutasyon frekanslarının artması üzerinde de etkili olduğu kabul gören bir varsayımdır. Bu olumsuz etkiler, populasyon büyüklüğünün azalmasına ve son olarak türlerin neslinin tükenmesine yol açabilir. Bu zararlı etkiler ekosistemlerin sürdürülebilirliğini etkileyebilir. Son birkaç yılda, matematiksel modelleme için veri oluşturmak ve mutagene maruz kalmanın populasyon seviyesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için kullanılacak spesifik moleküler yöntemler geliştirilmiştir (Belfiore ve Anderson, 2001). Buna bağlı olarak genotoksinlerin çok bulunduğu çevresel alanlarda yaşayan organizmalarda kanser yoğunluğunun daha yüksek olduğu da belgelenmiştir (Silberhorn ve ark., 1990). Çevresel toksinlerin içine doğal olan olmayan her türlü radyasyon ve çevresel kirleticiler girmektedir ki, tüm canlılar üzerindeki zararları konusunda bugüne kadar binlerce araştırma yapılmıştır.

Bitkiler, biyosferimizin büyük bir bölümünü oluşturur ve besin zincirinde hayati bir halka oluşturur. Genetik materyalin yüksek oranda korunmuş yapısı nedeniyle, genotoksisite testlerinde çok çeşitli bitki türlerini kullanmak mümkündür. Bu konudaki en güzel örnek Çernobil kazasıdır. Çernobil nükleer santralinde meydana gelen kaza sonrasında ortaya çıkan radyasyon sonucunda pek çok bitki türünde (Tablo 1) genetik zarar ortaya çıkmıştır (Mousseau ve Moller, 2020).

Tablo 1: Çernobil Kazası Sonrasında Bitkilerde Ortaya Çıkan Zararlar (Mousseau ve Moller, 2020)

Tür Adı	Zarar	Radyasyon Dozu (mGray)	Kaynak
<i>Achillea millefolium</i>	Anormal hücre bölünmeleri	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Arabidopsis thaliana</i>	Mutant bitki oluşumu	2.40–57.6	Abramov ve ark. (1992)
<i>Avena sativa</i>	Hücre bouklukları	5.32–47.8	Geraskin ve ark. (2003)
<i>Calamagrostis epigejos</i>	Anormal spor oluşmu	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Calamagrostis epigejos</i>	Anormal çiçek tozu oluşumu	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Chamaenerium angustifolium</i>	Anormal hücre bölünmeleri	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Chamaenerium angustifolium</i>	Anormal spor oluşmu	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Chamaenerium angustifolium</i>	Anormal çiçek tozu oluşumu	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Crepis tectorum</i>	Kromozom aberasyonu	0.01–19.2	Shevchenko ve ark. (1995)
<i>Crepis tectorum</i>	Karyotip değişimleri	0.01–19.2	Shevchenko ve ark. (1995)
<i>Elytrigea repens</i>	Anormal hücre bölünmeleri	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Elytrigea repens</i>	Anormal spor oluşmu	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Elytrigea repens</i>	Anormal çiçek tozu oluşumu	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Hordeum vulgare</i>	Anormal hücreler	5.32–47.8	Geraskin ve ark. (2003)
<i>Hypericum perforatum</i>	Anormal çiçek tozu oluşumu	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Jasione montana</i>	Anormal hücre bölünmesi	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Jasione montana</i>	Anormal çiçek tozu oluşumu	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Oenothera biennis</i>	Anormal çiçek tozu oluşumu	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Phragmites australis</i>	Kromozom parça farklılığı	0.01–9.30	Gudkov ve ark. (2006)

<i>Phragmites australis</i>	Kromozom köprülerinde farklılık	0.01–9.30	Gudkov ve ark. (2006)
<i>Pinus sylvestris</i>	Kalıtımda Mendel kurallarına göre allerdeki sapış (Segregation distortion)	-	Shevchenko ve ark. (1996)
<i>Pinus sylvestris</i>	Nokta mutasyonları	-	Shevchenko ve ark. (1996)
<i>Pinus sylvestris</i>	Hükümsüz mutasyonlar	-	Shevchenko ve ark. (1996)
<i>Pinus sylvestris</i>	Duplikasyonlar	-	Shevchenko ve ark. (1996)
<i>Pinus sylvestris</i>	Kromozom aberasyonları	-	Shevchenko ve ark. (1996)
<i>Pinus sylvestris</i>	Kromozom aberasyonları	0.11–385	Kalchenko ve Fedotov (2001)
<i>Pinus sylvestris</i>	Lokuslarda değişim	0.11–8.10	Kalchenko ve Fedotov (2001)
<i>Pinus sylvestris</i>	Kalıtımda Mendel kurallarına göre allerdeki sapış (Segregation distortion)	0.11–8.10	Kalchenko ve Fedotov (2001)
<i>Pinus sylvestris</i>	Endospermde mutasyon	0.11–8.10	Kalchenko ve Fedotov (2001)
<i>Pinus sylvestris</i>	Tohum veriminde fark	3.9–385	Kalchenko ve ark. (1993)
<i>Pinus sylvestris</i>	Allozim mutasyonları	3.9–385	Kal'chenko ve ark. (1993)
<i>Pinus sylvestris</i>	Endosperm mutasyonları	3.9–385	Kalchenko ve ark. (1993)
<i>Pinus sylvestris</i>	Fide mutasyonları	3.9–385	Kalchenko ve Rubanovich (1993)
<i>Pinus sylvestris</i>	AFLP ile belirlenen mutasyonlar	15.6–29.0	Kuchma ve Finkeldey (2011)
<i>Plantago major</i>	Anormal hücre bölünmesi	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Plantago major</i>	Anormal çiçek tozu oluşumu	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Secale cereale</i>	Anormal hücre	5.32–47.8	Geraskin ve ark. (2003)
<i>Secale cereale</i>	Çoklu ve ciddi seviyede hücre hasarı	5.32–47.8	Geraskin ve ark. (2003)

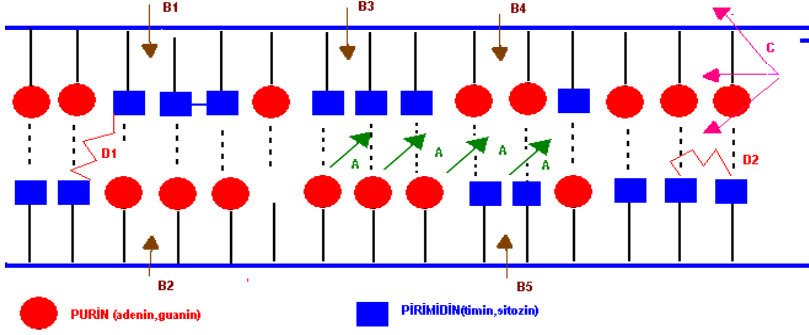
<i>Secale cereale</i>	Kök meristem hücrelerinde sitogenetik hasar	7.10–65.6	Ziablitskaia ve ark. (1996)
<i>Secale cereale</i>	Anormal hücre	7.10–65.6	Ziablitskaia ve ark. (1996)
<i>Trifolium arvense</i>	Anormal hücre bölünmesi	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Trifolium arvense</i>	Anormal spor oluşumu	0.01–1.12	Kordium ve Sidorenko (1997)
<i>Triticum sativum</i>	Anormal hücre	5.32–47.8	Geraskin ve ark. (2003)
<i>Triticum sativum</i>	Mikrosatelit mutasyonlar	0.001–1.5	Kovalchuk ve ark. (2000)
<i>Typha angustifolia</i>	Allel sayısında değişim	0.13–7.52	Tsyusko ve ark. (2006)
<i>Typha angustifolia</i>	Allel sayısında değişim	0.30, 0.13–7.52	Tsyusko ve ark. (2006)
<i>Typha angustifolia</i>	Allel sayısında değişim	0.51, 0.13–7.52	Tsyusko ve ark. (2006)

Tek tek bileşiklerin DNA hasarına neden olup olmadığını araştırmak için bir dizi Avrupa birliği ülkeleri için standart test sistemi ve kılavuz geliştirilmiştir (Carere ve ark., 1995). Bununla birlikte, genotoksikoloji testi için genel bir düzenleme mevcut değildir ve çevrenin izlenmesi çoğu durumda yalnızca bireysel bileşikler için kimyasal analitik ölçümlerle yapılır. Bununla birlikte çevresel etkenlerin öngörülemeyen sinerjik ve antagonistik etkileri nedeniyle, ekosistemlerin kontaminasyonunun biyolojik sonuçlarını yalnızca tek tek kimyasalların ölçümü temelinde tahmin etmenin imkansız olduğu belirtilmektedir (Helma ve ark., 1998). Tehlikeli kimyasallar genellikle çevrede düşük konsantrasyonlarda bulunduğu için, genotoksik etkilerin tespiti, yerinde izleme için kullanılacak konsantrasyon prosedürlerinin veya yüksek duyarlı algılama sistemlerinin kullanılmasını gerektirir. Biyolojik ve genetik analiz sistemleri

kullanıldığı zaman; bu amaçla kullanılan bitki türlerinin çoğunun onlarca yıldır genetik araştırmalarda kullanılması ve bağlamda veri bankalarında genomik yapıları hakkında bilgi bulunması, olabilecek genetik sapmaların belirlenmesinde önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu sistemlerin kullanılması durumunda herhangi bir toksinin canlı dokuda çeşitli sistemlerle girdiği biyolojik fiziksel kimyasal etkileşimin sonucu bütün sinerjik etkilerin bileşkesi olarak kromozomlarda kırılmalar meydana gelmekte; bu aberasyonlarda kök ucundan alınan bir meristem dokusunun sitolojik olarak incelenmesiyle saptanabilmektedir (Anonim, 2003).

Bilindiği üzere mutasyonlar canlıların genetiğinde olan kalıtsal değişimler olup; nükleik asit, gen seviyesinde mikro mutasyonlar şeklinde olabildiği gibi kromozomlardaki değişiklikler düzeyinde makro mutasyonlar olarak da ortaya çıkmaktadır. Mutasyonlar canlıların evriminde önemli bir yer tutmaktadır. Mutasyonların ortaya çıkmasında en önemli etkenler çevresel organik ve inorganik toksinlerin yanı sıra doğal radyasyondur. Bunların dışında deneysel çalışmalarda uyartılmış mutasyon yaratmak üzere kimyasal ve fiziksel mutagenlerden de yararlanılmaktadır. Bütün bunlar evrimin de itici gücü olmaktadır. İyonize edici radyasyonun doğrudan etkisi sonucu kromozom sarmalını oluşturan kimyasal bağlarda kırılmalar olmaktadır (Şekil 1). Bunun sonucunda kromozomlarda tek veya çift zincir kırılmaları ortaya çıkmaktadır (Şekil 2). Radyasyonun dolaylı etkileri ise suyun iyonizasyonu ile başlamakta ve oluşan radikallerin son

üretimi olan hidrojen peroksitlerle de (Şekil 3) radyasyonun dolaylı etkileri ve zararı ortaya çıkmaktadır (Anonim, 1977).



Şekil 1: DNA Zincirinde Bulunan Kimyasal Bağlar (Anonim, 1977; Kantoğlu ve Kunter, 2021). A: H-H bağları, B: Şeker fosfat bağı, C: Nucleotidler arası kovalent bağlar D: Polinucleotidler arası ve içi bağlar, E: Timin bazları arasında dimer bağları oluşturur.

Biyolojik zararın somutlaşması da canlılığın temel yapısı olan hücrenin bölünmesi sırasında yani mitozda, mitoz dinamiğini bozan iğ ipliklerindeki yok olma sonucunda ploidi seviyesinde artma veya azalma, kromozom köprüsü oluşumu, kromozomlarda translokasyon, delesyon, disentrik, trisentrik gibi yapısal değişimler fragment ve mikro çekirdek oluşumuna neden olabilmektedir (Van Harten, 1998).

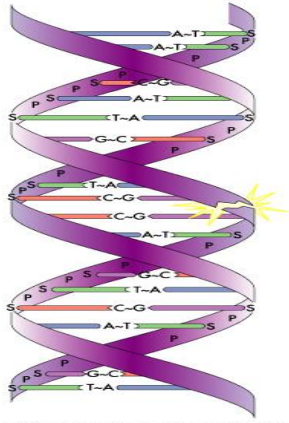


FIG. 6-6. Single-strand break in ladderlike DNA molecular structure. Mosby, Inc. items and derived items copyright © 2002 by Mosby, Inc.

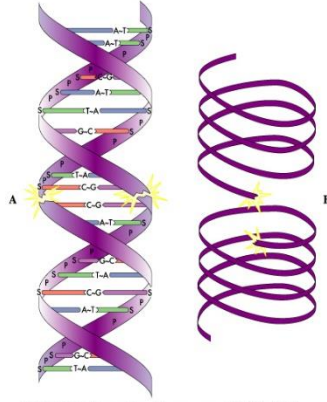


FIG. 6-8. Double-strand break in same rung of DNA ladderlike molecular structure (A) causes complete chromosome breakage, resulting in a cleaved or broken chromosome (B). Mosby, Inc. items and derived items copyright © 2002 by Mosby, Inc.

Şekil 2: İyonize Edici Radyasyona Maruz Kalmış Canlıda Kromozomda Meydana Gelen Tek Zincir Kırılması. (Soldaki resim genel olarak ölümcül olmayan ve etkili olarak tamir edilebilir zararı ve çift zincir kırılmasını, sağdaki resim ise tamir edilmesi çok zordur hücreyi ölüme götürmeyi tanımlamaktadır (Anonim, 2002).

Radyasyonun suyla interaksiyona

Radyasyonun suyla interaksiyona girmesinin sonucunda iyon çifti ve serbest radikaller oluşur.

$$\begin{aligned} \text{HOH}^+ &\longrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^+ \\ \text{HOH} &\longrightarrow \text{OH}^+ + \text{H}^- \end{aligned}$$

$$\text{HOH} \longrightarrow \begin{cases} \text{İyon çifti (H}^+, \text{OH}^-) \\ \text{Serbest Radikal (H}^\bullet, \text{OH}^\bullet) \end{cases}$$

Sonuçta beş farklı radikal ortaya çıkar.

Bütün bu radikaller ve özellikle H_2O_2 eriyik haldeki moleküllerle reaksiyona girerek radyasyonun doğrudan etkisine benzeyen değişikliklere neden olur bu da hücrenin gelişimini bozar ve keser .

Sonuç Radikaller

OH^\bullet

H^\bullet

e_{aq}^-

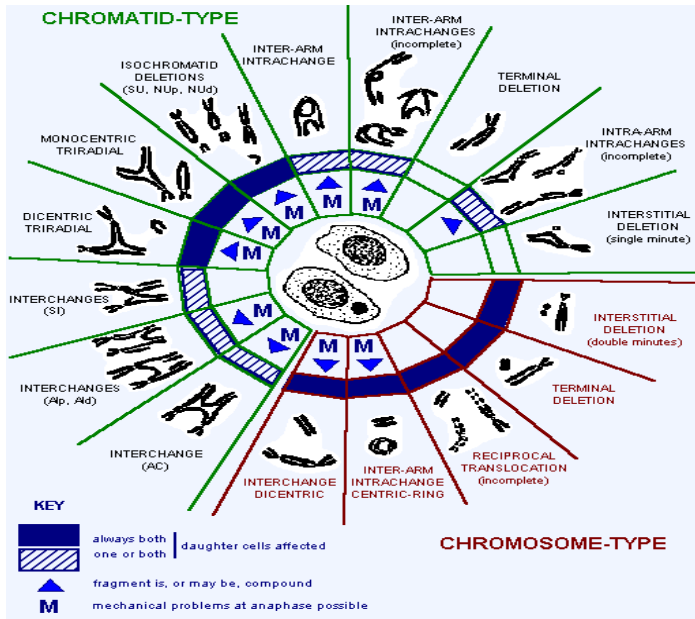
H_2

H_2O_2

Şekil 3: İyonize Edici Radyasyonun Biyolojik Sistemdeki Suyla Reaksiyonu Sonucu Oluşan Bileşikler (Peşkirioğlu, 2015)

DNA' da zarar oluşturacak bileşiklerin saptanabilmesi için standart test sistemleri ve metotlar geliştirilmiştir. (Carere ve ark.,

1995). Bu testler belirli bir toksinin canlı dokuda bulunduğu miktarı saptayama yönelik analizlerdir. Ama bu toksinlerin canlı doku ile olan önceden tahmin edilemeyen etkileşimi ile ortaya çıkacak sinerjik antagonistik etkileri olabilmektedir ki, bunun analitik olarak saptanması mümkün değildir. Sitolojik inceleme yöntemleri bize radyasyonda dahil olmak üzere tüm çevresel toksinlere maruz kalmış canlılarda bütün bu etkileşimin bileşkesi olarak ortaya çıkacak kromozom anormallikleri, mikro çekirdek gibi oluşumları saptayıp maruz kalınan doza bağlı olarak monitör olarak kullanılma imkanı sunmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4: Çeşitli Genotoksik Etkilerle Kromozomlarda Meydana Gelen Değişmeler (Kirsch-Volders ve ark., 2014)

Sonuçta kromozomlarda ortaya çıkacak bu zararı saptamak için pek çok metot geliştirilmiştir. Bu metotların ortak noktası kullandıkları bitki materyalidir. Eğer mitoz kromozomları ile çalışılacaksa kök ve sürgün ucu gibi somatik dokular; mayoz kromozomları ile çalışılacaksa başak ve çiçek tomurcuğu gibi eşey hücreleri içeren organlar ile çalışılır. Bu amaçla kullanılacak ezme preparat yapma tekniği, Tradescantia stamen testi gibi basit teknikler (Tsuchiya, 1971) olduğu gibi moleküler sitoloji tanımına giren FISH, “Terminal Deoxynucleotidyl Transferase dUTP Nick-end Labeling” (TUNEL) tekniği, kardeş kromatin parça değişme testi gibi pek çok teknik geliştirilmiştir.

1.1. Bitki Mitoz Kromozomlarının İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler

Araştırmacılar yıllar içerisinde kromozom sayıları ve kromozom yapıları hakkında kesin bilgi edinmek ve bitki türlerinde hücre bölünme mekanizmasını incelemek çeşitli sitolojik teknikler geliştirmiştir. Tüm bitki türleri için geliştirilmiş çeşitli sitolojik teknikler olmakla birlikte, mitotik ve mayotik kromozomların incelenmesinde dört temel ilke bulunmaktadır bunlar; örneklerin toplanması, materyalin sabitlenmesi, kromozomların boyanması ve mikroskobik analiz aşamalarıdır.

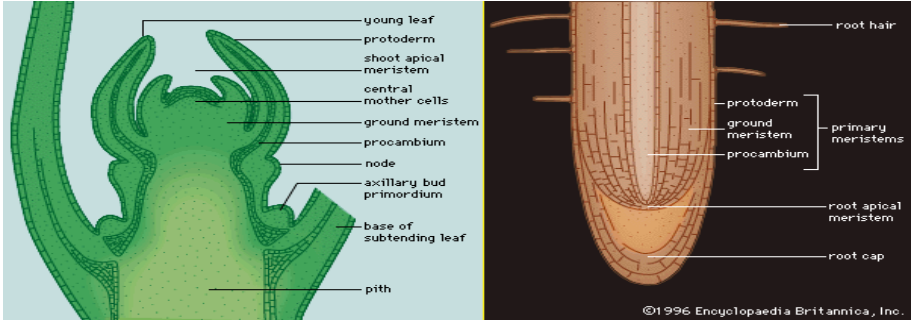
Moleküler biyoloji tekniklerinin ve bilgilerinin artması ile birlikte ortaya çıkan moleküler sitoloji teknikleri de kalıtım ve hücre bölünmesi, melezlemeler sonrası ortaya çıkan rekombinasyon mekanizmalarının ve kromozom anomalilerinin anlaşılmasında geniş ufuklar açmıştır. Bununla birlikte, sitolojik prosedürler, üzerinde

çalışılan türlere, deneylerin amacına ve hepsinden önemlisi sitologların kişisel tercihlerine bağlı olarak değiştirilir (Darlington ve La Cour, 1969; Sharma ve Sharma, 1980; Fukui ve Nakayama, 1996; Singh, 2003).

1.1.1. Bitki materyali

Mitoz kromozomları çalışılacak ise bitkilerde hücreSEL büyümenin ve hücreSEL bölünmenin en yüksek olduğu meristem hücrelerinin en çok olduğu noktalardan örnek alınmalıdır (Şekil 5). Bu bölgeler kök ucu ve sürgün ucu bölgelerdir. Bu amaçla meristem hücrelerine ulaşmak için farklı teknikler kullanılmaktadır. Bunlara ilave olarak genç yapraklar, genç çiçek tomurcuğu ve kallus gibi parçalar da kullanılır. Kök ucu örneklerinde çalışmak teknik olarak daha kolay olduğundan tercih edilmektedir.

Bitkisel kök örnekleri arazideki bitkilerden alınırken örnekler bitkinin yeni süren primer kökleri (beyaz renkli ve taze olmalı), saksıda yetiştirilen bitkilerin aynı özelliği taşıyan köklerinden alınmalıdır. En ideali optimum koşullarda petri kaplarında çimlendirilen tohuma ait köklerdir. Genel uygulama tohumların bir petri kabında çimlendirdikten sonra köklerin toplanmasıdır (Şekil 6).



Şekil 5: Bitkilerde Sürgün ve Kök Apikal Meristemleri (Britannica, 2020)



Şekil 6: Petri Kabında Çimlendirilen Arpa Tohumları (Peşkirioğlu ve ark., 2016)

Bu amaçla tohumlar bir petri kabındaki nemli bir filtre kâğıdı üzerine yerleştirilir türe özgü çimlendirme koşullarında çimlendirilir. Örneğin; buğday, yulaf, arpa ve çavdar için, petri kabına konulan tohumlar buzdolabında karanlık ve +4°C' de 3 ila 5 gün bekletilir. Bu bir örnek ve hızlı bir çimlenme sağlar. Daha sonra petri kabı buzdolabından çıkarılır ve çimlenme için oda sıcaklığında (20 ila 25 °C) bekletilir. Çimlenen tohumlardan 1- 2 cm uzunluğunda kökleri toplanır. Köklerin filtre kağıdına dokunması gerektiği unutulmalıdır,

aksi takdirde mitotik indeks çok düşük olacaktır. Saksılardan kök ucu toplamak istendiğinde aktif olarak büyüyen köklerin kırılmamasına özen gösterilmelidir. Toprağı köklerden yıkadıktan sonra kökler soğuk su içeren şişelere aktarılmalıdır.

1.1.2. Köklere uygulanan ön işlemler

Köklere yapılan ön uygulama; somatik kromozomların incelenmesi için önemli bir adımdır. Bu uygulamaların amacı: (i) iğ oluşumunu durdurarak, metafaz hücrelerinin sayısını artırmak, (ii) metafaz plakasındaki kromozomların kısalıp yoğunlaşarak daha görünür kılınması ve sitoplazmanın viskozitesinin artmasını sağlamaktır. Tablo 2' de farklı bitki türleri için uygulanan ön uygulama koşulları gösterilmiştir.

Kolhisin kanserojen ve öldürücü bir kimyasal olduğu için kullanırken dikkatli olunmalıdır. Kolhisinin yüksek konsantrasyonları bitkilerde poliploidi elde etmek için kullanılır. Ön uygulama amaçlı kullanıldığında kesilen kökler % 0.1 - % 0.5 konsantrasyonundaki kolhisinde 1-2 saat bekletilir. Yüksek oranda metafaz siçin soya fasulyesinde kullanılması tavsiye edilir. Kolhisin ön işleminden sonra kökler iyice yıkanmalıdır. Bu ön işlem, kromozom hazırlığının sonraki aşamalarında fiksatifin daha iyi nüfuz etmesini kolaylaştırır.

Tablo 2: Farklı Bitki Materyalinde Kullanılan Ön Uygulama Metotları

Uygulama	Konsantrasyon	Zaman (saat)	Koşullar	Türler
Kolhisin	% 0.5-0.1	2-3	Oda sıcaklığı karanlık	Genel
8-hidroksikinolin	0.002M	2 + 2	Oda sıcaklığı ya da +4°C	Dikotiledon
α -Mono bromo naftalin	Doymuş çözelti	2-4	Oda sıcaklığı ve karanlık	Monokotiledon
Buzlu su		12-24	0°C	Tahıllar

Küçük boyutlu kromozomlara sahip bitkiler de ön uygulama olarak 8-hidroksikinolin etkilidir. Damıtık su ile hazırlanan 0.002 M (0.5 g/L) çözeltisi kullanılır. Uygulama koşulları 16-18°C' de 3 ila 5 saat süre olmalıdır. Daha yüksek ortam sıcaklığında yapışkan kromozomların oluşmasına neden olur. Kromozom üzerindeki birincil daralma bölgesi (kinetokor) ve ikincil daralma bölgesinin (nükleus düzenleyici bölge) çok net ortaya çıkmasını sağlar. α -Bromonaftalenin etkisi de kolhisin ile hemen hemen aynıdır. Suda az çözünür. 250 ml distile su içine 4-5 damla damlatılır ve kuvvetlice çalkalanarak doymuş çözelti elde edilir. Kesilen kökler hazırlanan bu çözelti içinde, oda sıcaklığında 2 ila 4 saat ön işleme tabi tutulur. Bu ön işlem buğday ve arpa kromozomları için etkilidir (Singh, 2003).

Buzlu soğuk su ile ön işlem özellikle tahıl kromozomları için etkilidir. Bunun için küçük şişeler içine buz/kar ve üzerine soğuk su ilave edilir. Kök materyali kesildikten sonra şişelere konulur ve daha sonra şişeler içerisinde buz/kar olan başka bir kutu içerisine konularak buzdolabına (+4°C) yerleştirilir (Şekil 7). Arpa ve buğday için bekleme süresi 12-24 saattir. Sürenin uzaması kromozomların kısalmasına neden olur (Peşkircioğlu ve ark., 2016).



Şekil 7: Ön Uygulama Olarak Buzlu Su Uygulaması (Fotoğraf: H. Peşkirioğlu)

1.1.3. Fiksasyon

Sitoloji biliminde başarılı bir sonuç; zamanında yapılan fiksasyon ve fiksatefe bağlıdır. Bir fiksatifin işlevi, hücrelerin bozulmasına, şişmesine veya büzülmesine neden olmadan, hücre bölünmesinin istenen bir aşamasında hücreleri sabitlemek veya durdurmaktır. En yaygın kullanılan fiksatif karnoy fiksatifidir. Karnoy fiksatifi 3 kısım metanol / etanol ile 1 kısım asetik asitin karıştırılması ile elde edilir. Bu çözeltinin kullanılacağı zaman taze hazırlanması ve soğuk olarak kullanılması önerilir. Ön uygulama sonrasında kökler taze hazırlanmış fiksatif içerisinde 2-4 saat oda sıcaklığında bekletilir. Sonrasında derin dondurucuda (-20°C) saklanır. Uzun saklamalarda fiksatif yerine % 70 etanol konulur ve $+4^{\circ}\text{C}$ ' de saklanır.

1.1.4. Kromozomların boyanması

Kromozomların kondenserinde faz kontrast aparatı olmayan ışık mikroskopunda incelenebilmesi için optimum şekilde boyanması gerekmektedir. Bu amaçla çalışmaya uygun ve kaliteli bir boya ile özellikle kromozomları boyar, ökromatin ve heterokromatini ayırt eder ve lekeli nükleol ile berrak sitoplazma elde edilmesi sağlanır.

Kromozom boyamasında Aceto-orcein, Aceto carmin, Feulgen gibi boyar maddeler kullanılır (Singh, 2003).

Aceto- orcein ve Aceto-Carmine ile boyama ve boyanın hazırlanması:

a) Aceto-orcein (% 45' lik asetik asit içerisinde % 2 orcein) hazırlanması: Bu amaçla 2 g Orcein tozu 100 ml % 45' lik sıcak asetik asit içerisinde çalkalayıcıda eritilir, filtre edilerek stok olarak saklanır. Kullanılacağı zaman 9 kısım orcein solüsyonu 1 kısım 1 N HCl ile karıştırılır.

b) Aseto-carmin (% 45' lik asetik asit içerisinde % 0.5 karmin) hazırlanması: 0.5 g karmin tozu 100 ml % 45' lik asetik asit içerisinde 30 dakika kaynatılır. Oda sıcaklığına soğutulur ve filtre edilir.

Boyama süreci: Fiksatiften çıkarılan materyal lam üzerine yerleştirilir, üzerine bir damla orsein veya karmin damlatılır ve ispirota ocağında 60°C' yi geçmeyecek şekilde ısıtılır. Fazla boya kurutma kâğıdı ile alınır. Üzerine bir damla % 45' lik asetik asit damlatılıp lamel kapatılır. Bu takiben kurutma kâğıdı arasında ezilir ve mikroskopta incelenir.

Feulgen ile boyama ve hazırlığı: 1 g fuksin basic 50 ml kaynayan su içinde eritilir, 50°C' ye kadar soğuması beklenir, 20 ml 1 N HCl ve 1 g potasyum metabisülfid eklenir, 12 saat karanlıkta bekletilir, 0.5 g aktif kömür eklenir, çalkalanır ve filitre edilir ve koyu renkli bir şişede +4° C' de saklanır. (Bu boyanın hazır ticari hali Schiff reagent olarak satılmaktadır.)

Boyama Aşamaları: Materyal 10 dakika distile su ile yıkandıktan sonra, hidroliz için 5 N HCl 20°C 40 dakika ve 1 N HCl 60°C' de 10 dakika bekletilir ve distile su ile yıkanır. Daha sonra materyal boya içerisinde 1-2 saat bekletildikten sonra distile su ile yıkanır.

1.1.5. Preparat hazırlama

Ezme preparat hazırlanması: a) Kök ucunu lam üzerine taşınarak koyu boyanan 1 mm' lik uç kısmı kesilir, b) Üzerine 1 damla % 45' lik asetik asit damlatılır, c) Jilet yardımıyla parçalanır, d) Lamelle üzeri kapatılır, e) Kurutma kâğıda arasında üzerine basınç uygulanır, f) Mikroskopta incelenir.

Devamlı preparat yapma: İncelenen ve beğenilen lamın üzerine elmas uçlu kalem ile numarası ve lamelin sınırları işaretlenir. Lam 1 dakika süre ile sıvı nitrojen (-196° C) içerisine daldırılarak dondurulur. Lamel bir jilet yardımıyla lamdan ayrılır. Bu işlem kuru buz kullanılarak veya -80°C' lik derin dondurucuda da yapılabilir. Soğuk lam hemen karnoy fiksatifte 1 dakika süre ile daldırılır ve bu işlemi takiben % 96' lık etanol ile 3 defa yıkanarak ardından kurutulur. Euparal veya Kanada balsamı damlatılarak üzeri lamel ile kapatılır.

Enzimatik yumuşatma yoluyla preparat hazırlanması: Yukarıda anlatılan boya ve boyama metotları faz kontrast aparatı olmayan mikroskoplar için ve devamlı preparat yapılarak üzerinde başka bir sitolojik işlem yapılmayacak preparatlarda kullanılmaktadır. Eğer üzerinde çalıştığımız preparatı bantlama tekniklerinde tekrar kullanılacak ise veya FISH, TUNEL test, Sister Chromatin Exchange

gibi moleküler tekniklerden yararlanılacaksa boya kullanmadan preparatın hazırlanması gerekmektedir. Bunun için kullanılacak mikroskobun kondenserinde faz kontrast düzeni olmalı ve objektiflerde faz kontrast objektifi bulunmalıdır. Bu metodun temeli; inceleyeceğimiz kök ucunda meristeme daha kolay ulaşmak ve temiz bir preparat hazırlayabilmek için selülaz ve pektinaz enzimleri ile epitel ve endoderm hücrelerini eritilip, yumuşatarak meristeme daha kolay ulaşmayı sağlamaktır (Lattier ve ark., 2017). Bu amaçla aşağıda belirtilen aşamalar izlenmelidir.

Kimyasalların hazırlanması:

Buffer hazırlanması:

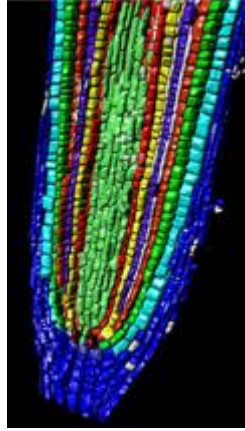
Sitrik asit- sodyum sitrat bufer pH 4.8 bufferi için;

Stok A: 0.1 M sitric asit monohydrate (21.01 g/L)

Stok B: 0.1 M trisodium citrate dihydrate (29.41 g/L) kullanılmalıdır. Bu amaçla Stok A dan 40 ml, Stok B den 60 ml karıştırılır. 100 ml stok hazırlanır. Bu stok kullanılacağı zaman 10 ml alınıp üzerine 90 ml distile su ilave edilerek kullanılır.

Enzim solüsyonu: % 2 selülaz (onozuka), % 20 pektinaz kullanılarak 10 ml enzim solüsyonu hazırlanır. Bu amaçla; 0.2 g selülaz tartılıp 5 ml citrat bufferda eritilir, üzerine 2 ml pektinaz eklenerek eritmeye devam edilir. Sitrat bufferla çözelti 10 ml' ye tamamlanır. Hazırlanan çözelti 1 ml' lik ependorf tüplere konularak derin dondurucuda saklanır.

Preparat hazırlanması: Kullanılacak kök ucu yukarıda anlatılan yöntemlerle ön uygulama yani fiksasyon işleminden geçirilir. Fiksatif içinden alınan kök uçları sitrat bufferla yıkanır (10 dakika). Yıkanan materyal üzerine enzim solüsyonuna konularak inkübatörde 37°C’ de 1-2 saat bekletilir (bitki türüne göre değişir). Süre sonunda enzim ortamdan pastör pipetle çekilip (derin dondurucuda saklanarak tekrar kullanılabilir) yerine sitrat buffer ilave edilerek oda sıcaklığında 20-30 dakika bekletilir. Örnek sitrat bufferdan % 45’ lik asetik asit içeren küvete taşınır ve stereo mikroskop altında kök ucundaki epitel hücreler ayrılır. Meristematik hücreler (Şekil 8) pipetle çekilerek lam üzerine taşınır. Üzerine lamel kaplanıp hafifçe bastırılır. Preparat faz kontrast mikroskopta incelenir.



Şekil 8: Kök Ucunda Apikal Meristem (Pasternak ve Pérez-Pérez, 2021)

Enzimatik yumuşatma yoluyla preparat hazırlanması yöntemi ile hazırlanan preparatlar özellikle FISH tekniği kullanılacak ise tercih edilmektedir. Bu preparatı hazırlarken son aşama olarak meristemin

pipetle çekilerek lam üzerine taşınması sırasında lam ile pipet arasında 3-5 cm' lik bir mesafe konulması nedeniyle bu yöntemde damlatma yöntemi de denilmektedir. Bu sayede kromozom grupları lam üzerinde dağılır ve ikinci boyama ve etiketleme daha ayırt edici olarak saptanır.

1.2. Bitki Mayoz Kromozomlarının İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler

Bitkide mayoz bölünmenin incelenmesi için çiçek tozu ana hücreleri ve yumurta ana hücreleri kullanılır. Bu amaçla bitkilerin çiçekleri; tahıllarda başaklardan örnek alınmalıdır. Mayozu bu organlarda incelemek için materyalin alım zamanı çok önemlidir. Tercihen sabahın erken saatlerinde alınmalıdır. Mayoz bölünmenin süresi türlere göre değişmektedir örneğin arpada 39 saat çeşitli buğdaylarda 24-45 saat, çavdarda 51 saattir (Bennet, 1977). Bu zamanın kaçırılması durumunda polen oluştuğu için mayoz izlenemez. Mayoz için örnek alma zamanının bitkilerde morfolojik kriterleri olabilmektedir. Örneğin arpa ve buğdayda bayrak yaprak henüz çıkmadan ve başak kında iken (yaklaşık 2-3 cm) alınmalı, çiçekli bitkilerde de çiçekler tomurcuk aşamasındayken örnekler alınmalıdır.

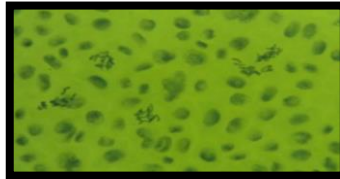
Mayozda kromozomları inceleme süreci: Uygun zamanda alınan başak veya tomurcuk örnekleri içinde karnoy fiksatifli olan tüplere konularak, buzdolabında incelenene kadar saklanabilir. İncelenecek başak örnekleri fiksatiften çıkarılıp başağın ortasındaki başakçıktan anterler binoküler altında alınarak lam üzerine taşınır. Üzerine % 1' lik aseto karmin damlatılır. Anterin bir ucu ok uçlu iğne ile tutularak diğer ucu bisturi ile kesilir ve anter içeriği lam üzerine boşaltılarak ve üzerine

lamel kapatılır. Preparat yapıldıktan sonra ispiroto ocağında aseto karmin kaynamayacak şekilde hafifçe ısıtılır ve iki kurutma kâğıdı arasında tutularak fazla boya alınır. Bunu takiben başparmakla bastırılarak kromozomların dağılması sağlanır ve mikroskopta hazırlanan preperat incelenmeye alınır.

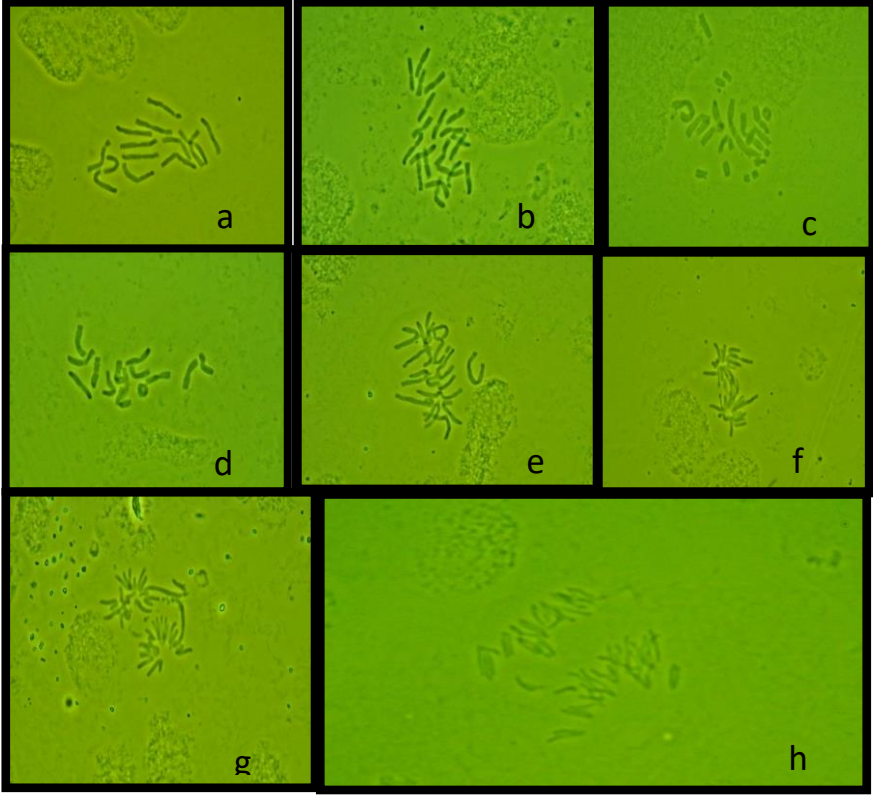
1.3. İncelenen Özellikler

Radyasyon veya herhangi bir çevresel toksine maruz kalmış bir bitkinin meristem hücrelerinin incelenmesinde zararın tespitine yönelik yapılan gözlemlerde; bölünen / bölünmeyen hücre sayısı (Şekil 9), kromozom anormallikleri, hücresel ve çekirdeksel anormallikler, mikro çekirdek sayısı saptanır (Şekil 10). Bu verilere dayanarak bitkinin radyasyon veya herhangi bir çevresel toksinden ne kadar etkilendiği konusunda fikir elde edilir. Bu şekilde bu teknikler biyomonitör olarak da kullanılabilir. Bahsedilen bu verilere dayanarak mitotik indeks oranı hesaplanır.

$$\text{Mitotik İndeks} = \frac{\text{Bölünen hücre sayısı}}{\text{Gözlenen hücre sayısı}} * 100$$
 formülü ile hesaplanır bu oran bize örneğin radyasyondan nasıl etkilendiğini gösterir. Tablo 3' te Peşkirioğlu ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmadaki gözlem sonuçları verilmektedir (Şekil 10).



Şekil 9: Arpa Kök Meristeminde Yapılan Mitoz İncelemesinde Görüntü Düzleminde Bölünen ve Bölünmeyen Hücreler (Peşkirioğlu ve ark., 2018)



Şekil 10: Gama Işını Uygulaması Sonucunda Arpada Kök Ucu Mitoz Kromozomu İncelemesinde Farklı Dönemlerde Bulunan Kromozom Aberasyonları (a) Arpa genomu $2n:14$; b) Kromozom sayısı anormalliği; c) Kromozom fragment paracentrik delesyon, disentrik; d) Halka, e) Metafazda geç kalmış kromozom; f) Telofazda çoklu köprü; g) Telofazda köprü; h) Anafazda geçkalmış kromozom) (Peşkirioğlu ve ark., 2016).

Tablo 3' te Peşkirioğlu ve ark. (2016)' nın yaptığı bir araştırma sonucu görülmektedir. Sonuçlardan da takip edileceği gibi artan radyasyon dozlarında kromozom anormallikleri artmıştır.

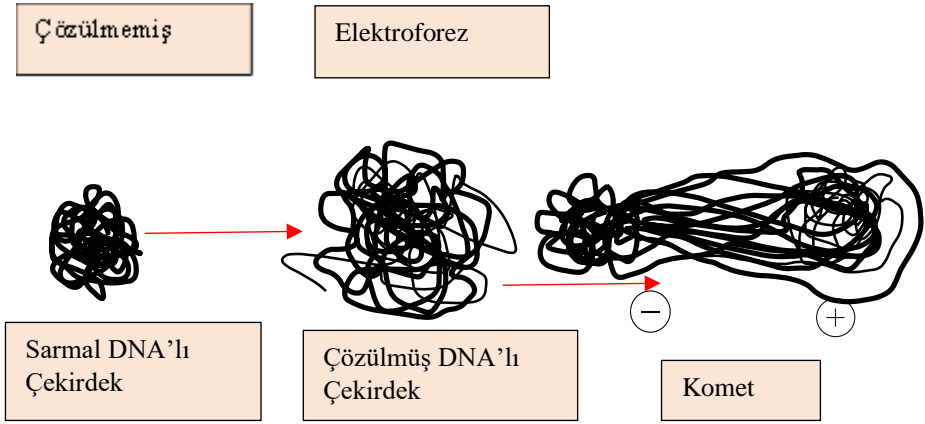
Tablo 3: Farklı Gamma Radyasyon Dozu ile Işımlanan Arpada Mitotik İndeks ve Nispi Anormallik Oranları

Doz Gray	Gözlenen Hücre Sayısı	Bölünen Hücre Sayısı	Mitotik İndeks	Kromozom Anormallik	Nispi Anormallik Oranı
Kont.	6315	1213	18.9±1.63 a	4	0.06
100	3465	506	14.8±4.72 a	49	1.41
200	6633	312	4.7±0.87 b	155	2.24
300	6765	200	3.05±0.89 bc	137	1.69
400	4323	93	2.16± 0.53 bc	145	2.29
500	2844	51	1.98±0.91 c	189	4.36

1.4. DNA Hasar Analizinde Tek Hücre Jel Elektrofrez (Komet Yöntemi)

Bitkiler radyasyonda dahil olmak üzere pestisitler ve insektisitler gibi tarımsal uygulama esnasında maruz kaldıkları toksinlerin yanı sıra hava, toprak ve su kirliliğine de maruz kalmaktadır. Tek hücre jel elektrofrez (THJE) ya da diğer bir adıyla DNA Komet Yöntemi dediğimiz teknik ökaryotik hücrelerdeki DNA hasarını hücre bazında saptayabilen duyarlı, güvenilir ve hızlı bir yöntemdir. (Collins, 2002).

Bu teknikler ilk önce hayvansal hücrelerde uygulanmış ve sonra bitkisel hücrelerde uyarlanmıştır (Gichner ve Plewa, 1998). THJE olarak adlandırılan bu testin alkali versiyonu, tek sarmal kırılmaları, çift sarmal kırılmaları, alkali kararsız bölgeler (öncelikle apurinik ve apirimidinik bölgeler), eksik kesip çıkarma onarım bölgeleri ve DNA çapraz bağları dahil olmak üzere DNA hasarını kantitatif olarak ölçebilir. THJE'nin alkali versiyonunun elektrofrez işlemi pH \geq 13 ortamında gerçekleştirilir.



Şekil 11: Komet Testiyle DNA'nın Hareketinin Şematik Olarak Gösterilmesi

Şekil 11' de solda süper sarmallı DNA' ya sahip izole edilmiş çekirdek görülmektedir. Yüksek tuz konsantrasyonu ile muameleden sonra (çözünürleştirme), çekirdek DNA' sı gevşer ve küçük miktarlarda DNA ilmekleri çekirdekten dışarı doğru yayılır ve "hallo" oluşur. Bu durum hem hasarlı hem de hasarsız DNA içeren çekirdeklerde meydana gelir. Gevşemiş DNA içeren çekirdekler elektroforeze tabi tutulduğunda, negatif yüklü parçalar veya hasarlı DNA ilmekleri elektrik alanında anoda doğru kayar ve kuyruklu yıldız benzeri bir görüntü oluşur (Şekil 12).

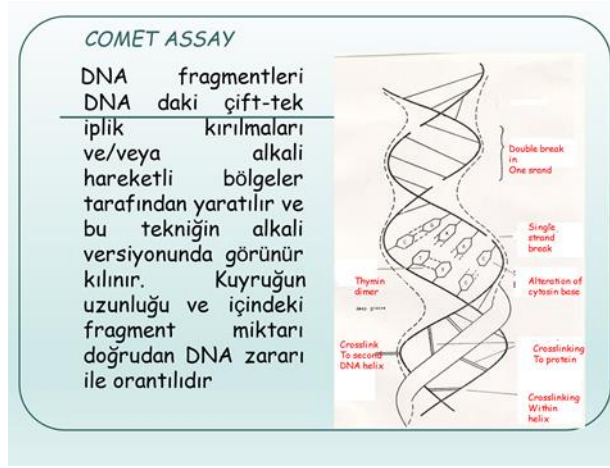
1.4.1. THJE için bitki materyali

Herhangi bir tosinin etkisini saptamak ve ortaya çıkacak mutantları saptamak için özel olarak geliştirilmiş test bitkileri vardır. Örneğin tütünün Xanti varyetesi a_1^+/a_1 ; a_2^+/a_2 genotipine sahip soluk yeşil ve sarı renkli heterozigot bir bitkidir. Bu bitkinin dominant hali ise koyu yeşil normal bitkidir. Bu test türünün avantajı, aynı fide üzerinde komet testi ile ölçülen DNA hasarını ve soluk yapraklarda koyu yeşil

veya sarı sektörlerle kendini gösteren somatik mutasyon sıklığını analiz etme imkanındır. Bununla birlikte tohuma radyasyon uygulayarak elde edilen fidelerde veya fide olduktan sonra radyasyona tabi tulan fidelerden alınan yapraklar komet testi için kullanılır.

Bitki hücrelerinin sahip olduğu hücre membranı, yüksek deterjan ve tuz konsantrasyonlarında parçalanarak çekirdeklerin mekanik olarak izole edilmesi gerekir. Çekirdekleri yapraklardan nazikçe izole etmek son derece önemlidir. Tüm işlemler loş veya sarı ışık altında gerçekleştirilir.

- Küçük bir parça yaprak (2x1 cm) 60 mm' lik petri kutusu içerisine konularak üzerine ve 200-300 µl soğuk 0.4M tris buffer eklenir.
- Petri buz kutusu üzerine yerleştirilir.
- Yaprak parçası bir jilette nazikçe ve yavaşça ince ince kesilir. Petri kabı hafif eğik tutularak çekirdeklerin bufferda toplanması sağlanır.

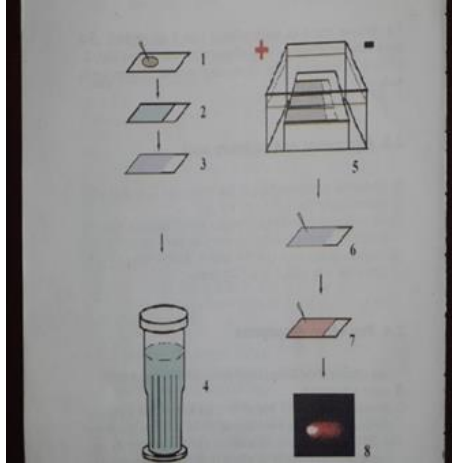


Şekil 12: Kromozomda Meydana Gelen Tek Zincir ve Çift Zincir Kırılmaları Komet Yöntemiyle Görünür Hale Gelmesi (Pekircioğlu, 2015)

1.4.2. İşlem basamakları

Lamin hazırlanması:

- Mikroskop lamı 50°C sıcak suda hazırlanmış % 1' lik normal eriyen agaroz batırılır. Fazlası silinir oda sıcaklığında bir gece yatay olarak kurutulur.
- Bu lamin üzerine 50 π l çekirdek süspansiyonu ve 50 π l % 1' lik düşük sıcaklıkta eriyen agaroz (DEA) çözeltisinden 40°C eklenir ve kesik uçlu pipetle karıştırılarak üzerine 24x50 mm lamel kapatılır.
- Lam donmuş bir ortam üzerinde en azından 5 dakika bekletilerek lamel kaldırılır ve 100 π l % 0.5' lik DEA eklenir soğuk bir yüzeyde 5 dakika beklenir (Şekil 13).



Şekil 13: Bitki Komet Testi Şematik Protokolü (Gichner ve Plewa, 1998)

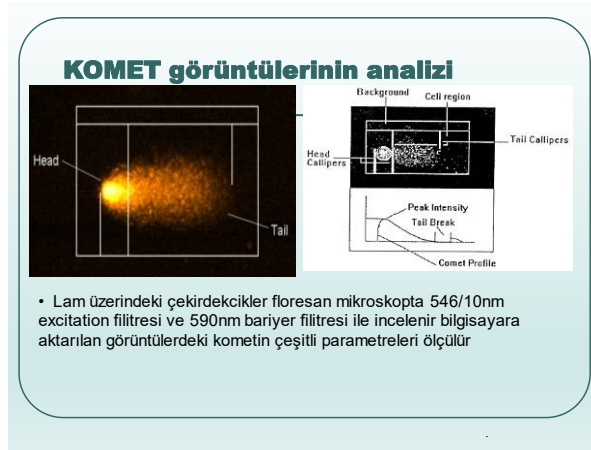
1-Mikroskop lamının normal eriyen agaroz (NEA) ile kaplanması, 2- Lamın üzerine DEA ve izole edilen çekirdek karışımı eklenir, 3- Lamın üzerine tekrar düşük ısıda eriyen agaroz eklenir, 4- Lam DNA'nın çözülmesi için yüksek tuz konsantrasyonuna maruz bırakılır, 5-Lam alkali buffer içeren elektroforez tankına yerleştirilir, 6- Elektroforez sonrası lam nötralize edilir,7- DNA boyar boya ile boyanır 8- Komet imajı analiz edilir.

Çözülme ve elektroforez:

- a- Lam içinde elektroforez buffer (4°C) olan kabın içinde 15 dakika süre ile çekirdeğin inkübe olup çözülmesi için bekletilir.
- b- Çözülmeden sonra lam elektroforez tankına yerleştirilir 16V, 300 mA elektriksel koşullarda koşulu Oda sıcaklığının 4°C olması tavsiye edilir.
- c- Elektroforez sonrası lam 3 kere 0.4 M tris bufferda nötralize edilir, metanolde 15 dakika nötralize edilir ve bir gece kurumaya bırakılır.

Boyama: Lamalar 80 μ l ethidium bromid ile 5 dakika süre ile boyanır. Buzlu suda fazla boya alınır ve lamel ile kaplanır preperat 6 saat içinde incelenmelidir.

Lamların taranması: Her bir lam için rastgele seçilen 25 hücre, 546/10 nm uyarma filtresi ve 590 nm bariyer filtresi (DNA' nın etidyum bromür ile boyanması durumunda) olan bir floresan mikroskobu ile analiz edilir (Şekil 14).



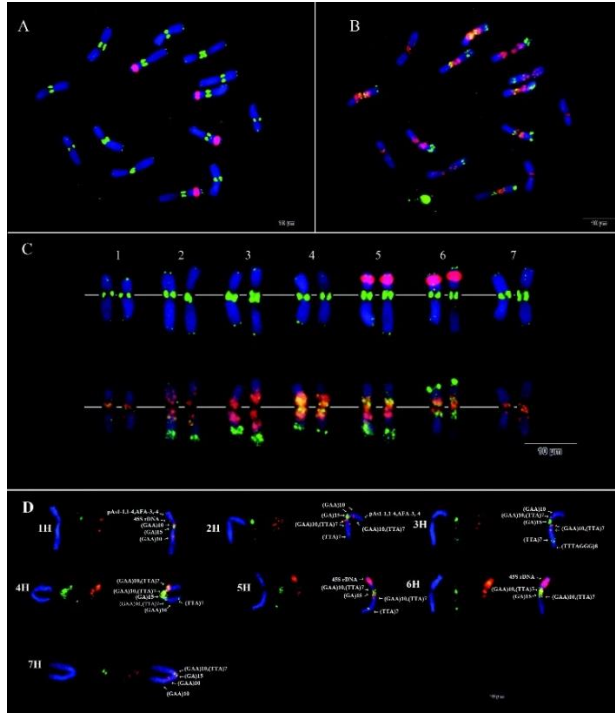
Şekil 14: Görüntü Analizi (Peşkirioğlu, 2015)

1.5. Bitki Mutasyonlarının Saptanmasında FISH Testi

FISH – Kromozom veya bir kromozom parçasının çok canlı renklerle floresan moleküllerle boyanmasıdır. FISH tekniği, kromozomlarda ve interfaz çekirdeklerinde spesifik genlerin ve kodlanmayan DNA dizilerinin lokalizasyonunu sağlayan güçlü bir yöntemdir. Kısaca, bu teknik tek sarmallı işaretli bir prob ile tek sarmallı hedef DNA (kromozomlar veya interfaz çekirdekleri)

arasındaki etkileşime (melezlenmeye) dayanır (Şekil 15). Günümüzde FISH, karyotipleme ve cinsler ve familyalar içindeki evrimsel ilişkiyi incelemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Maluszynska, 2002; Lee ve ark., 2003). Kromozoma özgü dizilim veya bölgeye özgü DNA probları (sentromer ve telomer veya rDNA dizileri gibi) kullanan FISH, insan sitogenetiğinde ve genotoksik çalışmalarda kromozal aberasyonların tespiti ve lokalizasyonu için de yaygın olarak kullanılmaktadır (Natarajan ve ark., 1994; Marshall ve ark., 1996; Maluszynska ve ark., 2003). FISH' in bitki sitogenetiği ve mutagenesinde kromozomal aberasyonların tespitine uygulandığı nispeten daha az sayıda çalışma vardır. Weiss ve Maluszynska (2004) tetraploid *Arabidopsis thaliana*' daki kromozomal sapmaları tespit etmek için 5S ve 45S rDNA dizileri ile FISH kullanmıştır. FISH' in bitki kromozomal aberasyonlarının analizi için uygulanması Maluszynska ve ark. (2003) tarafından gerçekleştirilmiştir. rDNA ve telomerik diziler, hem mitotik hem de interfaz çekirdeklerinde yeni kromozomal düzenlemelerin tespit edilmesi için düzenlenen bir prob *Crepis capilaris* kromozomları için kullanılmıştır. Jovtchev ve ark. (2002), telomerik ve sentromerik dizilerin prob olarak kullanıldığı FISH' in mikronükleus deneyinde çok yararlı olduğunu bildirmiştir. Kromozomal aberasyonların tespiti için herhangi bir kromozoma özgü DNA probu ile FISH kullanılabilir. En uygun olanı, kromozom üzerinde karakteristik lokalizasyonlara sahip art arda tekrarlayan DNA dizileridir. DAPI ile boyanmış, telomerik ve sentromerik propla etiketlenmiş arpa (2n: 14) genomu için yapılan çalışmada

kromozomların yeniden düzenlenmesi, delesyon ve diğer genetik anormallikleri saptanmıştır (Şekil 15).



Şekil 15: 08-49 (A, B ve C) ve Silengdamai (16ZMQ302) (D) kromozomları üzerinde (TTTAGGG)8, (GA)15, Dig-45S rDNA, Bio-(TTA)7 ve (GAA)10 problemleri ile sıralı FISH. (A) (TTTAGGG)8 (yeşil), (GA)15 (yeşil), Dig-45S rDNA (kırmızı); (B) Bio-(TTA)7 (yeşil), (GAA)10 (kırmızı); (C) Karyotipler; (D) Dokuz probun fiziksel konumları. (Zhang ve ark., 2019)

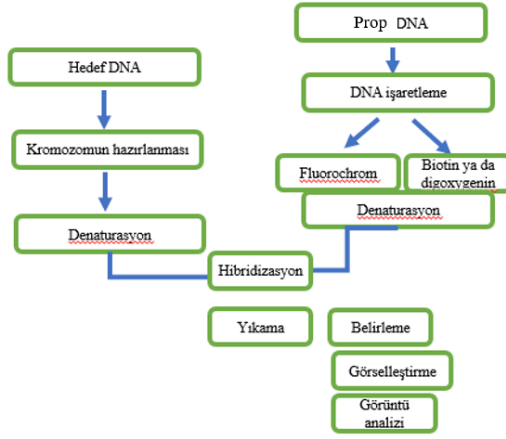
1.5.1. FISH tekniği süreçleri

Bitki Materyali: Kromozom anormallikleri herhangi bir meristematik hücrede saptanabilir. Ama genel uygulama tekniğinin daha kolay ve temiz bir preparat sağlamaya olanak vermesi bakımından kök

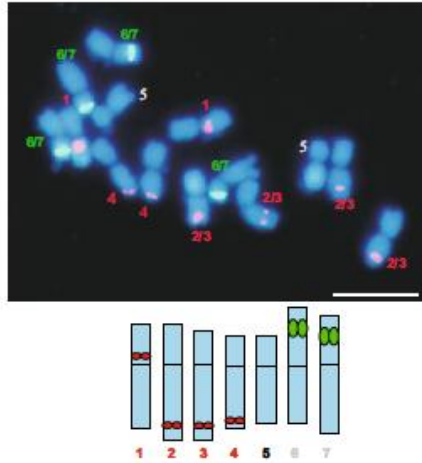
meristeminin kullanılmasıdır. Kök meristeminden preparat yaparken de enzimatik yumuşatma yöntemiyle preparat hazırlanması önemlidir.

FISH tekniğini uygulamanın prensip şeması Şekil 16' da sunulmuştur. Buna göre ilk aşama üzerinde çalışılacak bitkiden alınacak meristem hücreleri ile bir preparat hazırlamaktır. İkinci aşama prop olarak kullanılacak DNA dizilerinin hazırlanması ve boyanması daha sonra da bu iki kromozom dizisinin denatürasyonu, bunların birleştirilerek hibridizasyonunun sağlanmasıdır. Dayanırlılığın artması için yıkama ve tespit etme sonrasında görsel olarak saptama ve mikroskop analizi olarak işlem sonlandırılır. Yaklaşık 30-35 adımdan oluşan bu yöntem kullanılan bitki türüne göre farklılık gösterebildiği gibi moleküler biyolojideki hızlı değişime bağlı olarak değişiklikleri de içermektedir.

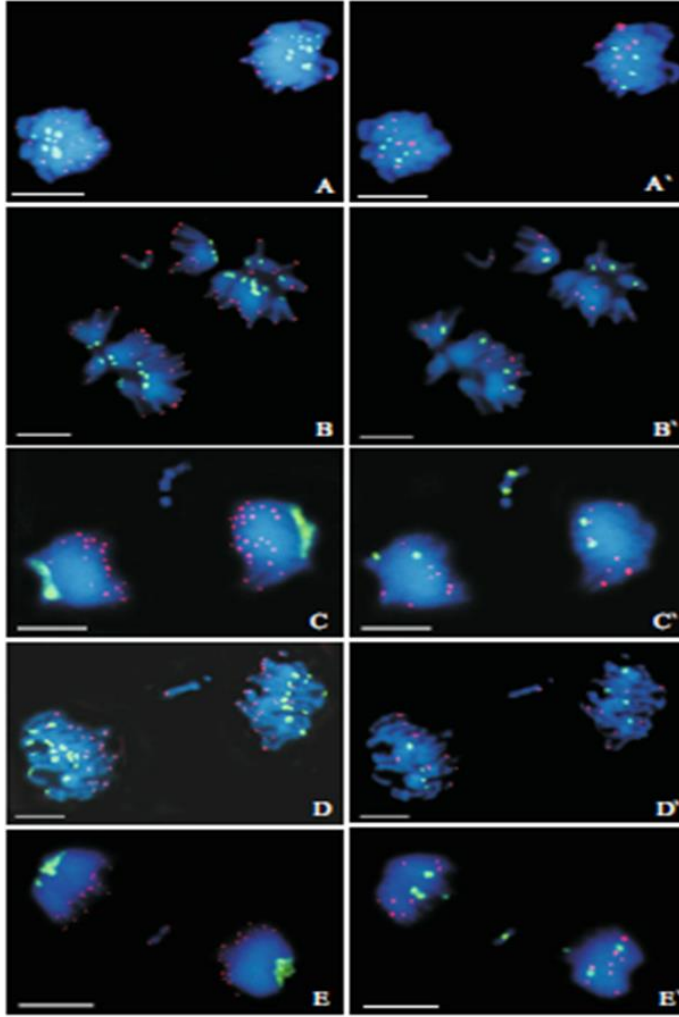
Arpada (*Hordeum vulgare*) N-nitroso-N-methylurea (MNU) ve maleik hidrazit mutagenleri (MH) ile farklı dozlarda yapılan uygulama sonrasında elde edilen mutant bitkilerin kök uçlarında FISH tekniğinden yararlanılarak kromozomal aberasyonlar ve değişimler incelenmiştir. Çalışmanın başlangıcında kontrol bitkilerinden alınan örneklerde arpa karyotipi belirlenmiş (Şekil 17) ve buna göre mutantların değerlendirilmesi yapılmıştır (Şekil 18).



Şekil 16: FISH Yöntemine Ait Akış Diyagramı



Şekil 17: Arpanın Karyotipi ve İdiogramı (*Hordeum vulgare* "Başlangıç"), rRNA genlerinin dağılımını ve kromozom numaralandırmasını gösterir. 5S rDNA = kırmızı; 25S rDNA = yeşil; DAPI boyama = mavi. Çubuk 10 µm'yi temsil eder (Juchimiuk ve ark., 2007).



Şekil 18: Hibridize Edilmiş *Hordeum vulgare* Hücrelerindeki Anafazlar: Telomerik ve Santromerik DNA Dizileri (A, B, C, D); MH ve MNU ile uygulamasından sonra (A, A') kontrol hücrelerinde ve (B, B'- E, E') 5S ve 25S rDNA (A', B', C', D'). Telomer dizileri ve 5S rDNA – kırmızı, sentromer diziler ve 25S rDNA – yeşil, DAPI Boyama- mavi. B, B' – kromozom no.'nun bir tam kromatidi. 1, 2, 3 veya 4- uzak bölgelerde iki telomer sinyali ve 5S rDNA sinyali. C, C' – telomerik sinyaller içermeyen dört küçük asentrik interstisyel kromozom fragmanı. İki 25S rDNA sinyalinin varlığı, iki fragmanın kromozom 6 ve 7'den türetildiğini gösterir. D, D' – 5S rDNA taşıyan kromozom ve küçük interstisyel fragmandan birinin asentrik distal fragmanı. E, E' – telomerik dizilere sahip iki asentrik kromozom parçası. Parçalardan birinde bulunan bir 25S rDNA sinyali, bunun kromozomdan geldiğini gösterir (Juchimiuk ve ark., 2007).

Çalışmanın sonucunda prob olarak sentromer ve telomere özgü DNA, 5S ve 25S rDNA içeren FISH' in, arpa hücrelerindeki mikro çekirdeklerin kökeninin değerlendirilmesi ve ayrıca mutagenlerin etkisinin analizi için umut verici bir teknik olduğu kanıtlanmıştır (Juchimiuk ve ark., 2007). FISH çalışmasında model bitki olarak kullanılan *Crepis capillaris*' te 30 Gy (Gray) dozunda X ışını ile ışınlama sonucunda oluşan kromozom anormalliklerini belirlemek üzere yapılan çalışmada; telomerik ve 25SrDNA propları kullanılarak ışınlama sonrası ortaya çıkan değişimler incelenmiştir. Farklılıklar 3 numaralı kromozom üzerinde lokalizedir ve telomerik diziler (kırmızı) tüm kromozomların uçları ile hibritlenmiştir. 30 Gy X ışını uygulanması sonrasında anafazda gözlenen disentrik köprü ve asentrik fragmenti ve 25S r DNA dizili FISH, 3 nolu kromozomun kısa kolunun bu anormalliklerde yer almadığını göstermekte ve ışınlama sonrasında telomerik dizili FISH sinyalleri olmayan mikronükleus, interstisyel kromozom fragmanından oluştuğu ve kromozom içi delesyona uğradığı belirlenerek, X ışınlarının neden olduğu metafaz kromozomlarında saptamalar saptanmıştır (Maluszynska ve ark., 2003).

Yine Kwasniewska ve ark. (2012) tarafından *Crepis capillaris*' te yapılan bir başka çalışmada MH uygulaması yapılmış fidelerin kök uçlarından alınan örneklerde FISH ve DNA komet teknikleri kullanılarak DNA hasarının belirlenmesine yönelik gözlemler yapılmıştır. Yapılan analiz ve değerlendirme sonucunda özellikle DNA hasarlarının hızlı tespiti ve çevresel izleme çalışmaları için komet-FISH entegre tekniğinin son derece umutvar bir teknik olduğunu ortaya koyan

ilk çalışma olarak kayıtlara geçmiştir. Yapılan bir başka çalışmada yüksek enerjili Li⁷ iyonları ile ışınlanan arpa tohumlarında mutasyon süreci içinde ortaya çıkan farklılıklar FISH yöntemi ile incelenmiştir. Araştırmanın sonucunda; kromozomal anormalilerin sıklığı uygulanan radyasyon dozlarının klastojenik potansiyelinin azalması ve hücre döngüsü ilerlemesinin etkisi ve hasarlı hücrelerin yok edilmesi nedeniyle nispeten düşük bulunmuştur. pTa71 ve GAA tekrarlı DNA problemleri ile FISH gerçekleştirilmiştir. pTa71 probu ile hibridizasyon, iki uydu kromozomu 5H ve 6H arasında kromozom translokasyonunu ortaya çıkararmıştır. 45 Gy dozunda yapılan ışınlama ile ribozomal tekrarlar içeren çekirdekçik düzenleme bölgeleri (NORs) T-46 hattına ait kromozomlarda gözlenmiştir (Nikolova ve ark., 2015).

SONUÇ

Bugün özellikle moleküler genetik çalışmalarında elde edilen bulgular; FISH ve GISH ile yapılan fiziksel haritalama sonuçları ile birleştirilerek, bitkilerde mutasyon sonucu ortaya çıkan farklılıkların daha iyi analiz edilerek tanımlanması sağlanmaktadır. Bu şekilde sitogenetik analiz yöntemlerinde karşılaşılan kromozom uzunluğu, sentromerik indeks gibi kısıtlayıcı faktörlerin üstesinden gelinerek bitki genom analizleri, moleküler ıslah, kromozom haritalamaları, filogenetik ilişkiler (Senderowicz ve ark., 2022), kromozom aberasyonlarının belirlenmesi, kromatin değişimleri, somaklonal varyasyonların (Jin ve ark., 2008) değerlendirilmesi, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı yürütülen ıslah çalışmalarında geliştirilen toleranslı bitkisel materyalin moleküler teknikler dışında sahip

oldukları tolerans mekanizmasının sitogenetik olarak aydınlatılması sağlanmaktadır (Devi ve ark., 2005; Kubinova ve ark., 2017; Qi ve ark., 2017; Yan ve ark., 2022).

KAYNAKLAR

- Abramov, V., I., Fedorenko, O., M. & Shevchenko, V., A.(1992). Genetic consequences of radioactive contamination for populations of Arabidopsis. *Science of Total Environment*, 112(1):19–28.
- Anonim (1977). Manuel on mutation breeding. Tech. Rep. Ser.119 IAEA, Vienna
- Anonim (2002). <https://slideplayer.com/slide/7024240/> (Erişim tarihi: 20.06.2023)
- Anonim (2003). Bioassays in plant cells. For improvment of ecosystem and human health. J. Maluszyneska and Michael Plewa (Eds). A Course Manuel. Katowice-Poland.
- Belfiore N.M., & Anderson, L. (2001). Effects of contaminants on genetic patterns in aquatic organism: a review. *Mutation Research*, 489: 97-122.
- Bennett, M.D. (1977). The time and duration of meiosis. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 277*, 201-226. Plant Breeding Institute, Maris Lane, Trumpington, Cambridge, UK.
- Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "apical meristem". (2020). *Encyclopedia Britannica*, <https://www.britannica.com/science/apical-meristem>. (Erişim tarihi: 25 Temmuz 2023).
- Carere A., Mohn G.R., Parry J.M., Sors A.I., & Nolan C.V. (1995). Methods and testing strategies for evaluating the genotoxicproperties of chemicals. RIVM Rapport 659101005.
- Collins, A.R. (2002). The comet assay. Principles, application, and limitations. *Methods in Molecular Biology.*, 203:163-177.
- Darlington, C.D., & La Cour, L.F. (1969). *The Handling of Chromosomes*. 5th edition. 248 p. George Allen & Unwin Ltd., London.
- Devi, J., Ko, J.M., & Seo, B.B. (2005). FISH and GISH: Modern cytogenetic techniques. *Indian Journal of Biotechnology*, 4: 307-315.
- Elçi, Ş., & Sancak, C. (2013). *Sitogenetikte Araştırma Yöntemleri ve Gözlemler*. 227p. Ankara Üniversitesi Yayınları No:386. ISBN: 978-605-136-121-5.
- Fukui, K., & Nakayama, S. (1996). *Plant Chromosomes: Laboratory Manual*. (Eds.) K. Fukui and S. Nakayama. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

- Geraskin, S., Dikarev, V.G., Zyablitskaya, Y., Udalova, A. Spirin, Y. & Alexakhin, R.M. (2003). Genetic consequences of radioactive contamination by the Chernobyl fallout to agricultural crops. *Journal of Environmental Radioactivity*, 66: 155-69. Doi: 10.1016/S0265-931X(02)00121-2.
- Gichner, T., & Plewa, M.J. (1998). Induction of somatic DNA damage as measured by single cell gel electrophoresis and point mutation in leaves of tobacco plants. *Mutation Research*, 401: 143-152.
- Gudkov, D., Shevtsova, N., Dzyubenko, O., Kuzmenko, M., & Nazarov, A. (2006). Dose rates and effects of chronic environmental radiation on hydrobionts within the Chernobyl exclusion zone. *Nato Security Through Science Series B Physics And Biophysics*, 9- 69.
- Helma, C., Eckl, P., Gottmann, E., Kasie, F., Rodinger, W., Steinkellner, H., Windpassinger, C., Schulte-Hermann, R., & Knasmueller, S. (1998). Genotoxic and ecotoxic effects of groundwaters and their relation to routinely measured chemical parameters. *Environmental Science & Technology*, 32: 1799-1805.
- Jin, S., Mushke, R., Zhu, H., Tu, L., Lin, Z., Zhang, Y., & Zhang, X. (2008). Detection of somaclonal variation of cotton (*Gossypium hirsutum*) using cytogenetics, flow cytometry and molecular markers. *Plant Cell Rep*, 27:1303–1316. DOI 10.1007/s00299-008-0557-2.
- Jovtchev, G., Stergios, M., & Schubert, I. (2002). A comparison of N-methyl-N-nitrosourea-induced chromatid aberrations and micronuclei in barley meristems using FISH techniques. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 517 (1–2): 47-51. Doi: 10.1016/S1383-5718(02)00038-4.
- Juchimiuk, J., Hering, B., & Maluszynska, J. (2007). Multicolour FISH in an analysis of chromosome aberrations induced by N-nitroso-N-methylurea and maleic hydrazide in barley cells. *Journal of Applied Genetics*, 48: 99–106. doi:10.1007/BF03194666.
- Kalchenko, V.A., & Fedotov, I.S. (2001). Geneticheskie éffekty ostrogo i khronicheskogo vozdeystviia ioniziruiushchikh izlucheniï na *Pinus sylvestris*

- L., proizrastaiushchikh v zone otchuzhdeniia Chernobyl'skoï AES [Genetic effects of acute and chronic ionizing irradiation on *Pinus sylvestris* L., inhabiting the Chernobyl' meltdown area]. *Genetika*, 37(4):437-47. Russian. PMID: 11421116.
- Kalc'henko, V.A., Rubanovich, A.V., Fedotov, I.S., & Arkhipov, N.P. (1993). Genetic effects, induced by Chernobyl accident in the gametes of Scots pine, *Pinus sylvestris* L. (in Russian). *Genetika*, 29 (7): 1205–1212.
- Kantoglu, Y. & Kunter, B. (2021). Mutasyon Islahı. Süs Bitkileri Islahı (Y.Y.Mendi ve S. KAZAZ eds.). 145-202. Gece Kitaplığı, Ankara. ISBN: 978-625-7478-51-9.
- Kirsch-Volders, M., Bonassi, S., Knasmueller, S., Holland, N., Bolognesi, C., & Fenech, M.F. (2014). Critical questions, misconceptions and a road map for improving the use of the lymphocyte cytokinesis-block micronucleus assay for in vivo biomonitoring of human exposure to genotoxic chemicals—A HUMN project perspective. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 759: 49-58, ISSN 1383-5742.
- Kordium, E., L., & Sidorenko, P.G. (1997). The results of the cytogenetic monitoring of the species of angiosperm plants growing in the area of the radionuclide contamination after the accident at the Chernobyl Atomic Electric Power Station. *Tsitol Genet.* 31(3):39-46.
- Kovalchuk, O., Dubrova, Y.E., Arkhipov, A., Hohn, B., & Kovalchuk, I. (2000). Wheat mutation rate after Chernobyl. *Nature*, 407: 583-584.
- Kubinova, L., Radochova, B., Lhotakakova, Z., Kubinova, Z., & Albrechtova, J. (2017). Stereology an unbiased methodological approach to study plant anatomy and cytology: past, present and future. *Image Analysis & Stereology*, 35:187-205.
- Kuchma, O. & Finkeldey, R. (2011). Evidence for selection in response to radiation exposure: *Pinus sylvestris* in the Chernobyl exclusion zone. *Environmental Pollution*, 159(6): 1606-1612. Doi: 10.1016/j.envpol.2011.02.049.
- Kwasniewska, J., Grabowska, M., Kwasniewski, M., & Kolano, B. (2012). Comet-FISH with rDNA probes for the analysis of mutagen-induced DNA damage in

- plant cells. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 53(5): 369-375. doi: 10.1002/em.21699.
- Lattier, J.D., Chen, H., & Contreras, R.N. (2017). Improved method of enzyme digestion for root tip cytology. *Hortscience*, 52(7):1029–1032. 2017. doi: 10.21273/HORTSCI12024-17.
- Lee, H-Y., Eom, E-M., Lim, Y-P., Bang, J-B., & Lee, D-H. (2003). Construction of a garlic BAC library and chromosomal assignment of BAC clones using the FISH technique. *Genome*, 46(3): 514-520. Doi: 10.1139/g03-012
- Maluszynska, J. (2002). *In situ* hybridization in plants – methods and applications. *Molecular Techniques in Crop Improvement* (Eds: Jain, S., M., Brar, D., S., Ahloowalia, B., S.) Dordrech: Kluwer Academic Publisher. Doi: 10.1007/978-94-017-2356-5_11.
- Maluszynska, J., Juchimiuk, J., & Wolny, E. (2003) Chromosomal aberrations in *Crepis capillaris* cells detected by FISH. *Folia Histochemica et Cytobiologica*, 41(2):101-4.
- Marshall, R.R., Murphy, M., Kirkland, D.J., & Bentley, K.S. (1996). Fluorescence in situ hybridisation with chromosome-specific centromeric probes: a sensitive method to detect aneuploidy. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 372 (2): 233-245, Doi: 10.1016/S0027-5107(96)00143-1.
- Mousseau, T.A. & Møller, A.P. (2020). Plants in the light of ionizing radiation: what have we learned from Chernobyl, Fukushima, and other "Hot" places? *Frontiers in Plant Science*, 11:552. doi: 10.3389/fpls.2020.00552.
- Natarajan, A., T. & Darroud, I.,F. (1994). Biological dosimetric studies in the Goiania radiation accident. *Proceedings of chromosome painting. Cytogenetics and Cell Genetics*, 68, 211–221. The MAB-CESN International Meeting Radiation Biology and Ecology, Special Issue, 53–56.
- Nikolova, I., Georgieva, M., Kruppa, K., Molnár-Láng, M., Liu, L., & Manova, V. (2015). Cytogenetic effects in barley root apical meristem after exposure of dry seeds to lithium ion beams. *Genetics and Plant Physiology*, 5(1): 3–9.
- Pasternak, T., & Pérez-Pérez, J.M. (2021). Methods of in situ quantitative root biology. *Plants*, 10: 2399. Doi: 10.3390/plants10112399

- Peşkircioğlu, H. (2015). Radyobiyojji iyonizasyon süreci radyasyon etkilerin sitolojik olarak görüntülenmesi. Bitki Islahında Mutasyon ve İlgili Biyoteknolojik Teknikler Kursu 16-20 Kasım 2015 (Ders Notu).
- Peşkircioğlu, H., Tutluer, İ., Kantoğlu, Y., Sağel, Z., & Kunter, B. (2016). Gama ışınlarının arpa kök ucu hücreleri üzerine etkisi özelinde bitki hücrelerinin radyasyona karşı biyomonitör olarak kullanılması. XI. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı, p 85. 12-14 Ekim 2016, Kuşadası-Türkiye.
- Peşkircioğlu, H., Tutluer, İ., Kantoğlu, Y., Sağel, Z., & Kunter, B. (2018). Investigation of the effects on different storage conditions on mitotic cells after irradiation in barley seeds. International Agricultral Cogress Oral Presentations Abstract Book, p 264. 9-12 Mayıs 2018, Van-Türkiye.
- Pitot, H. (2002). Fundamentals of Oncology, Revised and Expanded. 4th Edition. 984p. CRC Press. Boca Raton, US. doi: 10.3109/9780203910320.
- Qi, F., Zhang, L., Dong, X., Zhang, J., Yao, M., Dong, L., Zeng, X., Liu, X., Wang, Z. & Zhou, Y. (2017). Analysis of cytology and expression of resistance genes in maize infected with *Sporisorium reilianum*. Plant Disease, 103:2100-2107. Doi: 10.1094/PDIS-09-18-1687-RE.
- Sandhu, S.S, de Serres, F.J, Gopalan, N.B, Grant, W.F, Velemisky, J., & Becking, G.C. (1994). An introduction and study design. Mutat Res, 310:73-169.
- Senderowicz, M., Nowak, T., Weiss-Schneeweiss, H., Papp, L., & Kolano, B. (2022). Molecular and cytogenetic analysis of rdna evolution in *Crepis sensu lato*. International Journal of Molecular Sciences, 23(7):3643. Doi: 10.3390/ijms23073643.
- Sharma, A.K., & Sharma, A. (1980). Chromosome Techniques: Theory and Practice. Third Edition. 693 p. Butterworth & Co., London.
- Shevchenko, V.V., Grynikh, L.I., & Shevchenko, V.A. (1995). Cytogenetic effects in natural population of *Crepis tectorum*, after chronic irradiation in the Chernobyl area: analysis of chromosome aberrations, frequencies and karyotypic changes in 3rd and 4th year after accident. Radiat. Biol. Radioecol., 35:695-701.

- Silberhorn, E.M., Glauerth, P., & Robertson, L.W. (1990). Carcinogenicity of polyhalogenated biphenyls: PCBs and PBBs. *Crit. Rev. Toxicol.*, 20:440-496
- Singh, R.J. (2003). *Plant Cytogenetics*. 441 p. CRC Press, USA.
- Tsuchiya, T. (1971). An improved aceto-carmin squash method, with special reference to the modified Rattenbury's method of making a preparation permanent. *Barley Genet. Newsl.* 1: 71-72.
- Tsyusko, O., Smith, M.H., Oleksyk, T., Goryanaya, J., & Glenn, T.C. (2006). Genetics of cattails in radioactively contaminated areas around Chernobyl. *Molecular Ecology*, 15, 2611–2625. doi: 10.1111/j.1365-294X.2006.02939.x.
- Van Harten, A.M. (1998). *Mutation Breeding, Theory and Practical Application*. Cambridge University Press, 353pp.
- Weiss, H., & Maluszynska, J. (2004). Chromosomal Rearrangement in Autotetraploid Plants of *Arabidopsis thaliana*. *Hereditas*, 13(3): 255-261. Doi: [10.1111/j.1601-5223.2000.00255.x](https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.2000.00255.x).
- Yan, J., Liu, B., Cao, Z., Chen, L., Liang, Z., Wang, M., Liu, W., Lin, Y., & Jiang, B. (2022). Cytological, genetic and transcriptomic characterization of a cucumber albino mutant. *Front. Plant Sci.* 13:1047090. doi: 10.3389/fpls.2022.1047090.
- Zhang, S., Zhu, M., Shang, Y., Wang, J., Dawadundup, Zhuang L, Zhang J, Chu C, & Qi, Z. (2019). Physical organization of repetitive sequences and chromosome diversity of barley revealed by fluorescence in situ hybridization (FISH). *Genome*, 62(5):329-339. doi: 10.1139/gen-2018-0182.
- Ziablitskaia, E.I., Geraskin, S.A., Udalova, A.A., & Spirin, E. V. (1996). An analysis of the genetic sequelae of the contamination of winter rye crops by the radioactive fallout from the Chernobyl Atomic Electric power station. *Radiats. Biol. Radioecol.*, 36: 498–505.

BÖLÜM 9

FIRÇALAMA, KURAKLIK STRESİ VE PAKLOBUTRAZOL UYGULAMALARININ KIVIRCIK YAPRAKLI BAŞ SALATADA FİDE GELİŞMESİ VE KALİTESİNE ETKİSİ

Zir. Yük. Müh. Elif YELLİ*

Prof. Dr. Naif GEBOLOĞLU²

Zir. Yük. Müh. Emine POLAT¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8285001>

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat, Türkiye. elif0982@gmail.com, ORCID ID: 0009-0001-4076-5150; eminep0511@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5839-9921

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye. naif.gebologlu@gop.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-2495-7088

*: Sorumlu yazar

Bu çalışma birinci yazarın Yüksek Lisans Tezi' nin bir kısmından üretilmiştir.

GİRİŞ

Fidecilik sektörü son 30 yılda başlamış ve günümüze kadar birçok değişiklik ve yeniklere sahne olmuştur. Sebze yetiştiricileri birçok avantajı nedeniyle yetiştiricilikte fide kullanmaya başlamışlar ve başlangıçta ilkel yöntemlerle yapılan fide yetiştiriciliği zaman içinde modern tesislere taşınmıştır. Türkiye’ de modern anlamda ilk fide üretim tesisi 1994 yılında Antalya’ da kurulmuştur (Demir ve ark., 2014). Özellikle 2000’ li yıllarda ticari fide yetiştiriciliğinde önemli gelişmeler sağlanmıştır. Başlangıçta fide tesisleri örtü altında yetiştiricilik yapan üreticilere fide yetiştirirken, günümüzde artık açık alanda sebze yetiştiricileri de hazır fide kullanmaktadır. Yelboğa (2014), ülkemizde örtü altında sebze yetiştiricilerinin tamamının, açıkta sebze yetiştiren üreticilerin ise %70’ inin hazır fide kullandığını belirtmektedir. Yaklaşık 10 yıl önceki bir veriyi paylaşan araştırmacının belirttiği açık alandaki oran günümüzde %100’ e ulaşmış durumdadır.

Türkiye’ de sebze, çilek, tıbbi ve aromatik bitki ve süs bitkisi fidelerinin yetiştirilmesi Fidebirlik üyesi kuruluşlar tarafından yapılmaktadır. Bu sayede ülkemizde fide üretim istatistikleri de Fidebirlik tarafından tutulmaktadır. Fidebirlik, 2008 yılında sektörün ilk sivil toplum örgütü olan Fide Üreticileri Derneği’nin (FÜDER) 41 üyesi tarafından kurulmuş, yıllar içinde hızla gelişen sektörün üye sayısı 2021 yılı sonunda 190 üyeye ulaşmıştır. 2021 yılı sonu itibariyle ülkemizde 28 ilde fide üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde yılda 30

milyon adet ile başlayan fide üretimi 2020 yılında 5,5 milyar adete ulaşmıştır (Anonim, 2022).

Hazır fide sektörünün gelişmesi sebze üreticilerine önemli avantajlar sağlamıştır. Üreticilerin iş gücü ihtiyacı ve tohum zayıflığı azalmış, istedikleri zamanda dikim yapabilmekte ve üretimlerini planlama fırsatı elde etmişleridir. Günümüzde hazır fide sektörü ileri düzeyde gelişmiş olup, açıkta ve örtü altında yapılan sebze yetiştiriciliği için istenen miktar ve kalitede fide üretebilecek konuma gelinmiştir. Hazır fide yetiştiriciliği birim alanda mümkün olan en fazla sayıda fide yetiştirmeyi amaçlamaktadır. Bu durumda fideler küçük gözlü viyollerde yetiştirilmekte ve birim fide başına düşen alan daralmaktadır. Dar alan nedeniyle fidelerde ışıktan yararlanma azalmakta ve fototropizm nedeniyle fide gövdelerinde aşırı uzamalar meydana gelmektedir. Ayrıca fidelerde yeterli karbonhidrat birikimi oluşmamakta, bu da cılız gövdeli, zayıf yapılı ve soluk renkli fidelerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu durumda fidecilikte bitki boyunun kontrol edilmesi önem kazanmaktadır.

Gerek literatürde yayınlanmış çalışmalarda gerekse ticari fide yetiştiriciliğinde fide boyunu kontrol etmek için değişik uygulamalar yapılmıştır. Gölgeleme, ışık filtreleri kullanılması, fırçalama ve sallama gibi mekanik uygulamalar, su stresi ve gübreleme uygulamaları ile fide boyu kontrol edilmeye çalışılmıştır (Latimer ve Beverly, 1994; Rajapakse ve ark., 1999; Rajapakse ve Li, 2002; Liu ve ark., 2012). Fide boyunu kontrol etmek amacıyla sentetik kimyasallar da kullanılmıştır. Bu maksatla triazole grubu kimyasal bileşikler denenmiş

ve başarılı olunca kullanımı yaygınlaşmıştır. Bunlar içinde günümüzde en yaygın kullanılanı paklobutrazoldur. Triazol grubu büyüme geciktiriciler bilinçli kullanılmadığı zaman çiçeklenmenin gecikmesine, cüceleşmeye ve ileriki dönemlerde bitki ve meyvelerde fizyolojik bozukluklara neden olmaktadır (Choi ve ark., 2001). Ayrıca insan, çevre ve hayvan sağlığı açısından önemli riskler taşımakta, farelerde karaciğer ve böbreklerde fitotoksik etki yaptığı bilinmektedir. Yarılanma ömrünün uzun olması da toprak ve su kaynakları açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır (Wu ve ark., 2015; Jalal ve ark., 2020; Roman ve ark., 2022).

Bitkilerde boy kontrolünün nasıl sağlanabileceği konusunda çalışmalar yürüten araştırmacılar doğal ortamlardaki bitkilerin bodurluğunun rüzgardan kaynaklandığını, doğada korunaklı alanlardaki ağaçların rüzgara açık alanlardaki ağaçlara göre daha uzun olduğunu belirtmektedirler (Jaffe, 1980; Lawton, 1982). Rüzgarın günümüzde büyümeyi olumsuz etkilediği veya geciktirdiği bilinmekle beraber nasıl bir etkiyle bunun olduğu konusunda değişik düşünceler bulunmaktadır. Bu düşünceler arasında en çok üzerinde durulan rüzgarın etkisiyle bitkilerin sallanıp bükülmesi ve yaprak yüzeyinde fırça etkisi oluşturması düşüncesidir. Fidelerde boy kontrolü için araştırmalara konu olan fırçalama fikri buradan esinlenerek ortaya çıkmıştır.

Fiziksel yöntemlerle uyardırma bitkilere değişik şekillerde etki ederek stres oluşması sağlanmakta ve fırçalama, sürtme, dokunma ve rüzgar gibi uyarıcı yöntemler bu etkiyi oluşturmaktadır (Morel ve ark.,

2012; Hernandez, 2016; Kim ve ark., 2018). Fırçalamanın etkili olduğu konusunda son yıllarda bazı çalışmalar yapılmış olmakla beraber bu çalışmalar belirli türlerde ve farklı yöntemlerle yürütülmüştür.

Sebze fidelerinin yetiştirilmesinde fide boy kontrolü için mekanik uygulamalar ile ilgili çalışmaların çok az olduğu ve bu çalışmaların önemli bir kısmının da az sayıda araştırmacı tarafından 2000 yılından önce yapıldığı görülmektedir (Wurr, 1986; Latimer, 1990; Latimer, 1992; Latimer ve Beverly, 1994; Garner ve Björkman, 1999). Özellikle son yıllarda tarımsal üretimde insan ve çevre sağlığının öneminin gittikçe artması ve sürdürülebilir tekniklere yönelimin artması sebze fidelerinin yetiştiriciliğinde de sentetik kimyasallar yerine çevre dostu uygulamalar gündeme gelmiş ve uzun yıllar üzerinde çalışılmayan teknikler ile ilgili az sayıda da olsa çalışmalar başlamıştır (Kim ve ark., 2018; Jeong ve ark., 2020). Sürdürülebilir üretim için ihtiyaç duyulan bu tekniklerin pratikte uygulanabilmesi için daha detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Zira fırçalama uygulamasında türlere göre farklılık olup olmadığı, fırçalama zamanı ve süresinin nasıl ayarlanacağı, kuraklık stresi uygulamasının nasıl ve ne kadar süreyle yapılması gerektiği ve türlere göre farklılıkların olup olmayacağı konularında detaylı verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Sebze türleri arasında domates, hıyar ve kıvırcık yapraklı baş salata türleri fidesi ticari olarak en fazla üretilen türler arasında yer almaktadır. Domates ve hıyar fidelerinin ticari yetiştiriciliğinde büyümeyi kontrol etmek, fide kalitesini artırmak ve daha kompakt bir fide elde etmek için büyümeyi geciktirici kimyasal olan paklobutrazol

kullanılmaktadır. Paklobutrazol hıyar ve domates fidelerine iki dönemde uygulanmaktadır. Benzer şekilde kıvırcık yapraklı baş salata fidelerinin yetiştirilmesinde de paklobutrazol kullanılmaktadır. Ancak bu tür için kullanılan doz daha düşüktür ve tek seferde uygulanmaktadır. Yakın zamana kadar ülkemizde fide sektöründe kullanılan paklobutrazol ruhsatsız ve yasal olmayan yollarla temin edilip kullanılmaktaydı. Son 2 yıl içinde Cultar ticari adıyla paklobutrazol domates için ruhsatlı büyüme düzenleyici olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bunun yanında hıyar ve kıvırcık yapraklı baş salata için ruhsatı bulunmamaktadır. Paklobutrazolün insan ve çevre sağlığı açısından taşıdığı riskler, kıvırcık yapraklı baş salatanın dikimden çok kısa süre içinde hasat edilip tüketilmesi, hıyarda ilk meyvelerin kısa zamanda hasada gelmesi ve tüketilmesi de dikkate alındığında fide yetiştiriciliğinde paklobutrazol kullanılmasının insan sağlığı açısından çok büyük tehditler barındırdığı açıkça görülmektedir. Çevre ve insan sağlığına duyarlı ve sürdürülebilir tarım tekniklerini hedefleyen araştırmacılar sebze fidelerinde paklobutrazole alternatif uygulamalar üzerinde yoğunlaşmışlardır. Birçok tekniğin denendiği çalışmalarda firçalama ve kuraklık stresi uygulamalarının ümit var yöntemler olduğu üzerinde durulmaktadır. Ancak mekanik stres olarak bilinen bu yöntemlerin en doğru uygulama şeklinin nasıl olacağı ve türlere göre nasıl bir etki oluşturacağı konularında yeterli araştırma ve veriye ulaşılamamaktadır. Günümüzde ticari fide yetiştiriciliğinde bu teknikler yer bulamamıştır. Bunun en önemli nedenleri arasında mekanik stres tekniklerinin uygulanması için fide yetiştirme tesislerinin altyapısının bu yönteme uygun olmaması, paklobutrazol uygulamasının

kolay ve etkili sonuç vermesi ve mekanik stres yöntemleri hakkında fide üreticilerini tatmin edecek düzeyde bilgi ve pratik yöntemlerin eksikliği yer almaktadır. Bu konuda yapılacak detaylı çalışmalardan elde edilecek sonuçların pratikte uygulanabilir olması gerekmektedir.

Türkiye’ de sebzecilik ve sebze fidesi üretimi: Türkiye dünyada ekolojik açıdan büyük zenginliğe sahip ülkelerden birisi olup, bu zenginlik ülkemizi diğer tarımsal ürünlerde olduğu gibi, sebzecilik açısından da avantajlı bir konuma getirmektedir. Türkiye ılıman ve subtropik iklim kuşağında yer aldığından dolayı bu ekolojide yetişebilen 50 civarında sebze türü bulunmaktadır (Engindeniz, 2009). Ayrıca kültüre alınmamış doğadan toplanarak sebze gibi tüketilebilen 20’ nin üzerinde tür bulunmaktadır (Abak ve ark., 2000).

Türkiye’ de sebzecilik yıllar içinde gelişerek önemli bir sektör haline gelmiştir. Ülkemizde sebze üretimi ekolojik koşullar göz önüne alınarak açıkta tarla ve örtüaltı sebzeciliği şeklinde yapılmaktadır. Ülkemizin tüm bölgelerinde açık tarla sebzeciliği, küçük aile işletmeleri şeklinde veya büyük tarla alanlarında sofralık ve sanayi üretimine yönelik yapılır. Örtüaltı yetiştiriciliğinde ise üretim, basit veya modern seralarda büyük oranda sofralık tüketime yönelik yapılır. Açıkta veya örtü altında yapılan sebze yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi arttırmak için üretimde kaliteli fide kullanılması büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda hazır fide kullanımı işgücünden kazanç sağladığı için maliyetin de düşmesini sağlamaktadır.

Fidecilik sektörü birçok değişiklik ve yeniklere sahne olarak son 30 yıldan günümüze kadar ulaşmıştır. Sebze üreticileri birçok avantajı sebebiyle yetiştiricilikte hazır fide kullanmaya başlamıştır. Başlangıçta ilkel yöntemlerle yapılan fide yetiştiriciliği zaman içinde modern tesislere taşınmıştır. Türkiye’ de modern anlamda ilk fide üretim tesisi 1994 yılında Antalya’ da kurulmuştur (Demir ve ark., 2014). Özellikle 2000’ li yıllarda ticari fide yetiştiriciliğinde önemli gelişmeler yaşanmıştır. Başlangıçta fide tesisleri örtü altında yetiştiricilik yapan üreticilere fide yetiştirirken, günümüzde artık açık alanda sebze yetiştiricileri de hazır fide kullanmaktadır. Ülkemizde örtü altı ve açıkta sebze yetiştiren üreticilerin neredeyse tamamının hazır fide kullandığı bilinmektedir. Türkiye’ de Fidebirlik üyesi kuruluşlar tarafından sebze, çilek, tıbbi ve aromatik bitki ve süs bitkisi fidelerinin yetiştiriciliği yapılmakta ve bu sayede ülkemizde fide üretim istatistikleri de Fidebirlik tarafından tutulmaktadır. 2008 yılında sektörün ilk sivil toplum örgütü olan Fide Üreticileri Derneği’nin (FÜDER) 41 üyesi tarafından kurulan, ve 2023 Mart ayı itibariyle üye sayısı 227’ye ulaşan Fidebirlik bünyesinde ülkemizde 35 farklı ilde fide üretimi yapılmaktadır (Anonim 2023). Türkiye’ de 1995 yılında yetiştirilen sebze fidesi miktarı 250 bin adet iken, 2020 yılında bu sayı 5,5 milyar adete ulaşmıştır. Türkiye’ de 2023 Mart ayı itibariyle fide firmalarının illere göre dağılımı Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1: İllere Göre Fide Üretici Sayısı (Anonim, 2023)

İLLER	ÜYE
Antalya	82
İzmir	28
Mersin	19
Ankara	15
Manisa	8
Adana, Bursa, İstanbul (6'şar üye)	18
Burdur, Erzincan (5'er üye)	10
Aydın, Eskişehir, Muğla, Nevşehir (4'er üye)	16
Amasya, Bilecik, Samsun (3'er üye)	9
Balıkesir, Kayseri, Konya, Yalova (2'şer üye)	8
Adıyaman, Afyon, Bolu, Denizli, Gaziantep, Giresun, Hatay, Kırklareli, Osmaniye, Sakarya, Tekirdağ, Trabzon, Uşak, Zonguldak (1'er üye)	14

Sebze fidelerinde kalite ve önemi: Sebzelerde fide yetiştiriciliği birçok faktörün interaksyonu ve birbirini dengelemesinin kontrolünde olmakla beraber, kaliteli fide yetiştirme ortamı, ortamın bileşenleri, fide yetiştirme kaplarının göz büyüklüğü, sıcaklık rejimi, gübreleme, fide yaşı, bitki büyüme destekleyicileri ve büyümeyi kontrol eden maddelerin uygun kombinasyonu ile elde edilebilmektedir (Balliu ve ark., 2017a). Fide kalitesi bitki oluşumunu, dikimden sonraki büyüme ve gelişmeyi ve dolayısıyla verimi etkilediğinden (Prunty ve ark., 2015), sebze fidelerinin üretim yöntemi son derece önemlidir. "Kaliteli" terimi bazı subjektif yorumlara yer bıraksa da ve çok net standartlar bulunmasa da, yüksek kaliteli sebze fideleri genellikle hastalık ve zararlılardan arı, dikim sonrasında olumsuz çevre koşullarına adaptasyonu yüksek, kök sistemi kuvvetli gelişen, yaprak alanı geniş ve fide üzerinde mekanik zarar, kloroz veya nekroz gibi görsel kusurları olmayan iyi gelişmiş şekilde tanımlanabilir (Balliu ve ark. 2017b).

Sebze yetiştiriciliğinde kaliteli ve yüksek verimli yetiştiricilik yapılabilmesi için kullanılan fidelerin bazı kalite özelliklerine sahip olması gerekir. Fidenin tüm yapılarının tam ve sağlıklı, gövdesinin kalın ve pişkin, hastalıklardan ari, kuru maddece zengin, iyi gelişmiş bir kök sistemine sahip, adaptasyon kabiliyeti yüksek, fazla boylanmamış ve canlı bir görünüme sahip olması bu özelliklerden bazılarıdır. Fide renginin türe has renge sahip olması, rengin canlı ve koyu olması gerekir. Üretimi yapılan fidelerin her zaman kaliteli ve homojen özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu yüzden fide boyu en önemli kalite kriterlerinden biri olup fide boyunun kontrol edilmesi fidenin yaprak rengini, gövde kalınlığını, karbonhidrat birikimini olumlu yönde iyileştirmektedir. Bir üreticinin dediği gibi, “kaliteli bir fide üretimin % 50’ sidir”.

Hazır fide yetiştiriciliğinde temel amaç en kaliteli fideyi en düşük maliyet ile elde etmektir. Bu yüzden birim alanda mümkün olan en fazla sayıda fideyi yetiştirmek, fide yetiştiriciliğinde maliyetin azaltılmasında başvurulan uygulamaların başında yer almaktadır. Maliyetin azaltılması için fide yetiştiriciliğinde kullanılan viyollerin sahip olduğu gözler olabildiğince küçültülmüştür. Bu durumda bitki başına düşen birim alanın azalması başka problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Birim alanda yetiştirilen bitki sayısının artması, fototropizm eğilimi ile birlikte bitkiler arasındaki rekabete bağlı olarak fidelerde hızlı bir uzama ve büyümeye sebep olmaktadır.

Yılın her döneminde sebze fidelerine talebin olması ışık ve sıcaklık gibi faktörlerin fide yetiştiriciliğine uygun olmadığı dönemlerde de fide yetiştiriciliği yapılmasına sebep olmaktadır. Bu dönemlerde yapılan yetiştiricilikte ekolojik faktörlerin istenilen şartları taşımamasından dolayı üretilen fidelerde aşırı uzama ve cılız gelişme görülmektedir. Aşırı uzama bitkilere yapılan kültürel uygulamaları zorlaştırmakta, verim kayıplarına sebep olmakta, ayrıca sürgün üretimini ve sürgün kalitesini azaltmakta, bitkilerin sera içerisindeki taşınmasını güçleştirmektedir. Ayrıca uzun boylu fidelerin satışıyla birlikte farklı bölgelere nakliyesinde ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Tüm bu sebeplerden dolayı fidelerin istenen kalitede ve boyda olması için bazı kimyasal ve kültürel uygulamalara tabi tutulması gerekmektedir.

Fidelerde boy kontrolü: Geleneksel fide yetiştiriciliğinde amaç sadece yetiştiricilikte fide kullanmak ve fide kullanmanın sağladığı erkencilik başta olmak üzere sınırlı avantajlardan yararlanmaktır. Ancak günümüzde artık fide sadece bir yetiştirme materyali olmaktan çok birçok avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle de ticari sebze fidesi yetiştiriciliği son derece yaygınlaşmış durumdadır. Fide yetiştiriciliğinde maliyet önemli bir faktör olduğundan en kısa zamanda ve birim alanda daha fazla sayıda fide yetiştirilmesi hedeflenmektedir. Bu durumda fidelerde aşırı boylanma meydana gelmekte ve fide kalitesi açısından istenmeyen bir durum ortaya çıkmaktadır. Fide yetiştiriciliğinde diğer kültürel uygulamalar tam olarak yerine getirilse dahi boy kontrolü sağlanmamışsa istenen kalite ve görünümde fidelerin

elde edilmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle fidelerde boy kontrolü yetiştiriciliğin önemli aşamalarından biridir. Sebze fidelerinin yetiştirilmesinde geçmişten günümüze kadar birçok yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında çevre dostu teknikler olduğu gibi konvansiyonel yöntem ve materyaller de bulunmaktadır.

Fide boyunu kontrol etmek için gölgeleme, ışık filtreleri kullanılması, fırçalama ve sallama gibi mekanik uygulamalar, su stresi ve farklı gübreleme uygulamaları gibi çeşitli uygulamalar denenmiştir. (Rajapakse ve ark., 1999; Rajapakse ve Li, 2002; Liu ve ark., 2012). Ayrıca fide boyunun kontrol edilmesi amacıyla sentetik kimyasallar da kullanılmaktadır. Bu maksatla triazole grubu kimyasal bileşikler denenmiş ve başarılı olduğu görülünce kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu kimyasal bileşikler içinde günümüzde en yaygın kullanılan paklobutrazoldur. Ancak triazol grubu büyüme geciktiriciler bilinçli kullanılmadığı zaman bitkide çiçeklenmenin gecikmesine, cüceleşmeye ve ileriki dönemlerde bitki ve meyvelerde fizyolojik bozukluklara neden olmaktadır (Choi ve ark., 2001). Ayrıca insan, çevre ve hayvan sağlığı açısından önemli riskler taşımaktadır. Bu kimyasalların yarılanma ömrünün uzun olması da toprak ve su kaynakları açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır (Wu ve ark., 2015; Jalal ve ark., 2020; Roman ve ark., 2022). Bütün bu olumsuzluklara rağmen paklobutrazol günümüzde sebze fidelerinde boy kontrolünde kullanılan alternatifsiz tek ürün konumundadır. Özellikle son yıllarda tarımsal üretimde insan ve çevre sağlığının öneminin gittikçe artması ve sürdürülebilir tekniklere yönelimin artması sebze fidelerinin yetiştiriciliğinde de

sentetik kimyasallar yerine çevre dostu uygulamalar gündeme gelmiş ve uzun yıllar üzerinde çalışılmayan teknikler ile ilgili az sayıda da olsa çalışmalar başlamıştır (Kim ve ark., 2018; Jeong ve ark., 2020).

Mekanik stresin bitkilerde etki mekanizması: Araştırmacılar doğal ortamlardaki bitkilerin bodurluğunun rüzgardan kaynaklandığını, doğada korunaklı alanlardaki ağaçların rüzgara açık alanlardaki ağaçlardan daha uzun olduğunu belirtmektedirler (Jaffe, 1980; Lawton, 1982). Rüzgarın günümüzde büyümeyi olumsuz etkilediği veya geciktirdiği bilinmekle beraber nasıl bir etkiyle bunun oluştuğu konusunda değişik düşünceler bulunmaktadır. Bu düşünceler arasında en çok üzerinde durulanı rüzgarın etkisiyle bitkilerin sallanıp bükülmesi ve rüzgarın yaprak yüzeyinde fırça etkisi oluşturduğu düşüncesidir. Fidelerde boy kontrolü için başvurulan fırçalama fikri buradan esinlenerek ortaya çıkmıştır. Ancak literatür taraması yapıldığında sebze fidelerinin yetiştirilmesinde fide boy kontrolü için mekanik uygulamalar ile ilgili çalışmaların çok az olduğu ve bu çalışmaların önemli bir kısmının da az sayıda araştırmacı tarafından 2000 yılından önce yapıldığı görülmektedir (Wurr, 1986; Latimer, 1990; Baden ve Voipio, 1992; Latimer, 1992; Latimer ve Beverly, 1994; Garner ve Björkman, 1999).

Bitkilerde mekanik stresin etkileri ve uygulanması ile ilgili çalışmalar 1960' lı yılların ikinci yarısından sonra başlamış ve fırçalama, bükme, sallama gibi uygulamaların bitkilerde stres oluşturduğu ve bu etkiye bağlı olarak ta bitkilerde bazı fizyolojik farklılıkların meydana geldiği belirtilmektedir. Bu değişiklikler

arasında en bariz olanının bitkilerde gövde ve yaprak sapının kısılmasına bağlı olarak bitkilerin daha kısa ve kompakt bir yapı kazanmalarındır (Boyer, 1967; Turgeon ve Webb, 1971; Jaffe, 1973; Mitchel ve ark., 1975; Jaffe, 1976; Takaki ve ark., 1977). *Phaseolus vulgaris*' te yapılan mekanik stres çalışmaları sonucunda bitkilerde daha sert bir yapı oluşturduğu ve buna bağlı olarak ta bitkilerin kuraklık stresine karşı kontrol bitkilerine göre daha dayanıklı oldukları belirlenmiştir (Jafe ve Biro, 1979).

Fide yetiştiriciliğinde kuraklık stresinin etkileri: Bitkilerde kuraklık stresinin birçok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Bununla beraber sebze fidelerinin yetiştiriciliğinde bu etkiler avantaja dönüştürülebilir mi diye düşünüldüğünde, özellikle fidelerde boy kontrolü ve kompakt yapı elde edebilmek için kuraklık stresinin avantaja dönüştürülebileceği düşünülmektedir. Bu düşünceyle konuya yaklaşan araştırmacılar sebze fidelerinin yetiştirilmesinde sentetik kimyasal maddeler yerine boy kontrolü sağlamak için çevreye zarar vermeyen teknikleri planlarken kuraklık stresinin de bu anlamda kullanılabileceğini düşünerek çalışmalarını planlamış ve yürütmüşlerdir.

Brokoli fidelerinin yetiştirilmesinde mekanik stres uygulamalarının etkisini araştıran Latimer (1990), kuraklık stres uygulamasını fideler ikinci gerçek yapraklarını oluşturduğunda uygulamaya başlamış, fidelerde gözle görülür bir solma başlayıncaya kadar sulama yapmamış ve solgun halde 2 saat bekledikten sonra sulama yapmış, kontrol uygulamasında ise düzenli sulama yapmıştır.

Araştırmacı fırçalama ve kuraklık stresini karşılaştırdığı 2 yıllık çalışmanın sonunda gövde boyunun en kısa olduğu uygulamanın kuraklık stresi uygulaması olduğunu ve gövde boyunda önemli düzeyde kısalma elde ettiğini ancak diğer fide parametrelerinde ise kuraklığın etkisinin değişken olduğunu belirtmektedir.

Hıyar, kabak ve karpuzda fırçalama ve kuraklık stresi uygulamalarının fide gelişimine etkisini inceleyen Latimer ve Beverly (1994), günde iki defa ve her defasında 1.5 dakika fırçalama ve kuraklık stresi için bitkiler solma belirtisi göstermeye başladığında 2 saat süreyle bekletme şeklinde uygulamalar yapmış, kontrol bitkilerinde ise herhangi bir uygulama yapılmadan düzenli sulama yapmıştır. Araştırmacılar deneme sonunda kabak, hıyar ve karpuzda en yüksek yaprak sayısının kontrol uygulamasından elde edildiğini, en kısa gövde uzunluğunun hıyarda kuraklık stresi uygulamasından, kabak ve karpuzda ise fırçalamadan elde edildiğini ve her iki uygulamanın kontrole göre fide boyunda önemli düzeyde azalma sağladığını, stres uygulamalarının fide kuru ağırlığında kontrole göre azalma oluşturduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar fırçalama uygulamasına tohum ekiminden 7-8 gün sonra, kuraklık stresi uygulamasına ise tohum ekiminden 11-14 gün sonra başladıklarını bildirmişlerdir.

Paklobutrazol (14, 60 ve 90 ppm), daminozide (2500 ppm), GA (10 ppm), absisik asit (660 ppm) ve kuraklık stresi uygulamalarının domates fidelerinin yetiştirilmesinde fide gelişimi ve kalitesine etkisini inceleyen Latimer (1992), kuraklık stresi uygulamasını bitkiler solma belirtisi göstermeye başladığında 2 saat bu şekilde bekletmiş ve

ardından sulama yapmıştır. Çalışmada gövde boyunun kontrolde 30 cm, paklobutrazol uygulamasında 11-12 cm ve kuraklık stresi uygulamasında 18 cm olduğunu, gövde uzunluğunun paklobutrazol dışındaki diğer uygulamalara göre kuraklık stresinde daha kısa olduğunu ve kuraklık uygulamasının fide boyunu kontrol etmek için uygun bir mekanik uygulama olduğunu belirtmektedir.

Patel ve Golakia (1988), kuraklık stresi altındaki *Albizzia* fidelerinde gövde boyunun kısaldığını belirtmektedir. Benzer sonuçları Pita ve Pardes (2001) *Erythrina* bitkisinde, Marron ve ark. (2002) *Eucalyptus microtheca* fidelerinde, Nicholas (1998) *Populus* türlerinde belirlemişlerdir. Kuraklık stresi bitkilerde aynı zamanda yaprak sayısının azalmasına, yaprakların küçük kalmasına, kök boyunun azalmasına ve kök kuru ağırlığının azalmasına neden olmaktadır (Nanjo, 1999).

Sebze fidelerinin yetiştirilmesinde fırçalamanın etkileri: Fide yetiştiriciliğinde paklobutrazol veya benzeri sentetik kimyasalların kullanılmasının oluşturduğu tehditler nedeniyle alternatif boy kontrol tekniklerini araştırmaya başlayan araştırmacılar fidelerde boy kontrolü için bitkilerde stres oluşturma, bitkilerin sık sık hareket ettirilerek gövdenin esnetilmesi ve su stresi gibi teknikler üzerinde yoğunlaşmışlardır. Fırçalama bitkilerde yaprak yüzeyinden su kaybını artırmakta, bitkileri hareket ettirmekte ve böylece gövde daha esnek hal almaktadır. Fırçalamaya bağlı olarak fide aksamalarında yavaşlama meydana gelmekte, bu süreçte fotosentetik aktivite devam ettiği için oluşan assimilat maddeleri kök, gövde ve yapraklarda birikmektedir.

Ancak fideler küçük kök hacmine sahip yapılarda yetiştiğinden gerek kuraklık stresi esnasında ve gerekse de fırçalama sonucu oluşan su kaybının neden olduğu stres dolayısıyla köklerinde beklenen gelişme oluşmamaktadır. Fırçalama ile ilgili yürütülen çalışmalarda fide yetiştiriciliğinde boy kontrolü ve fide kalitesi bakımından fırçalamanın paklobutrazol uygulamasına alternatif olabileceği belirtilmektedir.

Duman ve Düzyaman (2003), çevre dostu olan fırçalama tekniğinin domates fidelerinin kimyasal uygulamalara kıyasla bitki boy kontrolündeki etkinliğini araştırmak için domates fidelerine yapılan günlük 40 fırça vuruşunun fide boyunda kullanılan kimyasal uygulamaların dışında çevre dostu fırçalama tekniğinin boy kontrolündeki etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında günlük periyotlarla uygulanan 40 fırça vuruşu uygulamasının 15 günde bir uygulanan PBZ uygulamasıyla aynı sonuçların ortaya çıktığını bildirmiştir. Benzer bir çalışma yürüten Björkman (1998), domates fidelerinin yetiştiriciliğinde fırçalamanın etkisini incelemiş, 5 cm uzunluğa ulaşan fidelere sabah ve akşam saatlerinde 10, 20, 30 ve 40 sefer olmak üzere 14 gün boyunca fırçalama uygulamış ve sonuçta fırçalamanın domates fidelerinin boy kontrolünde etkili olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı günde 20 fırçalamadan sonrasının etkili olmadığını, sabah ya da akşam uygulamanın bir fark oluşturmadığını, fırçalamanın fidelerin dikim zamanı ve veriminde bir fark oluşturmadığını belirtmektedir. Çalışmada fırçalamalar arasında geçen zamanın etkili olmadığı ve fırçalama ile gövde boyunun önemli ölçüde kısaldığı bulunmuştur.

Choi ve ark.,(2001), domates fidelerinde aşırı büyümeyi kontrol ettiği bilinen mekanik uyarım ve büyüme düzenleyicilerin fide kalitesi ve ekim sonrası büyüme ile verim üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Mekanik uyarım olarak fırçalama yaptıklarını ve akrilik plaka ile bitkilerin büyüme ucuna basınç uyguladıklarını, kimyasal büyüme düzenleyici olarak da dinikonazol ve heksakonazol farklı konsantrasyonlarında uygulamalar yaptıklarını bildirmişleridir. Yapılan uygulamalar neticesinde hem büyüme ucuna uygulanan basıncın hem de fırçalamanın bitki boyunun kontrol edilmesine katkı sağladığını bildirmişlerdir. Ancak büyüme ucuna basınç uygulanan bitkilerde, dikimden sonra şekil bozukluğu nedeniyle verimin düştüğü ve hasat zamanının geciktiğini; fırçalama uygulamasının ise kontrol grubuyla karşılaştırıldığında büyümeyi ve verimi azaltmadığının görüldüğünü bildirmişlerdir. Björkman (1999), fırçalamanın hıyarda (*Cucumis sativus* L. cv. Turbo) gövde uzunluğu kısaltmada günde kaç fırçalamanın daha etkili olduğunu belirlemek için yapmış olduğu çalışmasında 4 gün boyunca günlük on fırça uygulaması yapılmasının gövde uzunluğunda % 25 kısalma sağladığını ve yapılan daha fazla uygulamanın gövde uzunluğunun kısaltmasında etkisinin olmadığını bildirmiştir.

Domates fidesi yetiştiriciliğinde fide boyunu kontrol etmek için uygun fırçalama yöntemini belirlemeye çalışan Jeong ve ark. (2020), akrilik (tüy kalınlığı 1 mm), polipropilen (tüy kalınlığı 1 mm) ve dokuma kumaş (tüy kalınlığı 0.5 mm) malzemedan yapılmış fırçaları, fırça hızını saniyede 0,2 m hızda olacak şekilde kullanmışlardır.

Kimyasal büyüme geciktirici olarak diniconazole (7.5 mg/litre) kullanan araştırmacılar uygulama yapılmayan fideleri kontrol uygulaması olarak belirlemişlerdir. Fırçalama 23 gün devam etmiş ve her gün 2 saat arayla ve günde 12 defa fırçalama yapmışlardır. Araştırmacılar kontrol ve diniconazole uygulaması dahil bütün uygulamalar arasında bitki boyunu en iyi kontrol eden yöntem akrilik fırça ile fırçalama olurken (21.6 cm), bunu sırasıyla diniconazole (24.5 cm), polipropilen fırça (24.7 cm), dokuma kumaşı (27.2 cm) ve kontrol (28.5 cm) izlemiş, uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur. Araştırmacılar akrilik fırçanın aynı zamanda gövde çapını en fazla artıran uygulama olduğunu, kök boyunun değişmediğini, fide yaş, fide kuru, kök yaş ve kök kuru ağırlıklarının fırçalamayla artmasına karşın uygulamalar arasında önemli bir fark oluşmadığını belirtmektedirler.

Garner ve Björkman (1996) tarafından domatestede fide boyundaki aşırı uzamayı önleyebilmek için kullanılan fırçalama yönteminin büyüme döneminde bitkilere değişken aralıklarla yapılan fırça uygulamasının ve günün hangi saatine ve hangi büyüme evresine nasıl tepki verdiği incelenmişlerdir. Domates fidelerinin yetiştirildiği bu süre boyunca yapılan uygulamaların, önemli miktarda yükseklik kontrolünde %20 ila %25 boyda azalma olduğu, gövde kalınlığında önemli bir artışın olduğunu ve bitkilerde belirgin bir hasar oluşturmadığını bildirmişlerdir.

Fide yetiştiriciliğinde çevre dostu uygulamaların önemini belirten Kim ve ark. (2018), hıyar ve domates fidelerinde boy kontrolü için fırçalama yöntemini sentetik büyüme geciktiricilerden olan

diniconazole (7.5 mg L^{-1}) ile karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar fırçalama işlemini 2, 4 ve 6 saatte bir uygulamış, fırçalama hıyarda 15 gün, domatestede ise 20 gün devam etmiştir. Çalışmada hıyar ve domates fidelerinde fide yüksekliği, gövde uzunluğunda diniconazole uygulamasında en kısa olurken, fırçalamanın da fide yüksekliği ve gövde uzunluğunda kısalmaya neden olduğu ancak diniconazole kadar etkili olmadığı belirlenmiştir. Araştırmacılar fırçalama aralığı uzadıkça boy kontrole etkisinin azaldığını, 2 saatte bir fırçalamanın diniconazole uygulamasına yakın sonuç verdiğini, fidelerde gövde çapının fırçalamada en yüksek çıktığını belirtmektedirler. Çalışmada hıyar ve domates fidelerinde boy kontrolü için diniconazolenin etkili bir kimyasal olduğunu, çevre dostu uygulama olarak 2 saatte bir fırçalamanın kimyasal uygulamanın yerine başarıyla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Biddington ve Dearman (1985) tarafından karnabahar, marul ve kereviz fidelerinin sırasıyla 11–13 gün, 10–12 gün veya 21–28 gün boyunca her gün 1,5 dakika kağıtla fırçaladıklarını, kontrol grubuna göre her üç türde de fırçalama sonrası sürgün yaş ve kuru ağırlıkları ile yaprak alanının azaldığını, karnabahar ve kerevizde yaprak sapı uzunluğunda azalma olduğunu, yaprak sapı olmayan marulda yaprak uzunluğunun ve yaprak genişliğinin azaldığı ifade edilmiştir. Fırçalama ile karnabahar, kereviz ve marulda yaprak kalınlığının ve marul sürgünlerinin yüzde kuru madde içeriğini artırmış olduğunu, fırçalama sonrası kereviz ve marulda yapraklardaki klorofil miktarının arttığı karnabaharda azaldığını, fırçalamadan sonra her üç türde de kök

uzunluğunun ile kök kuru ağırlığının azaltıldığını ve kök/gövde kuru ağırlık oranının marulda arttığı, kerevizde azaldığı ve karnabaharın etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Pöntinen ve Voipio (1992), karnabahar ve marul fideleri ile yapmış olduğu çalışmasında bir grup fideyi günde 1,5 dakika kağıt, bez gibi materyallerle fırçaladıklarını, ikinci grupta yer alan fidelere günde 5 dakika tek yönlü olarak yelpazeleme yöntemi uyguladıklarını ve üçüncü gruptaki fideleri ise salladıklarını bildirmişlerdir. Yapmış oldukları uygulamaları başka bir grup fide de ise günde iki defa tekrar ettiklerini, sonuç olarak her iki türünde fırçalamaya verilen tepkinin yelpaze ve sallamaya göre daha etkili olduğunun görüldüğünü bildirmişlerdir. Fırçalamanın karnabahar ve marulda fide boyunu kısalttığı, ilk yaprakların genişliğini ve uzunluğunu azalttığı tespit ettiklerini ve karnabaharın yaş ağırlığın ve kuru madde içeriğinin de etkilendiğini bildirmişlerdir.

Wurr ve ark. (1986), gün batımı ve şafak vakti ilave ışık uygulaması ve fidelerin 2 ve 4 günde bir 45 ve 90 saniye fırçalanmasının kıvırcık yapraklı salatada fide gelişimine etkisini inceledikleri çalışmada ilave ışık uygulamasının fide gelişimini hızlandırdığını ve fide ağırlığını artırdığını, fırçalamanın ise fide ağırlığı ve yaprak uzunluğunu azalttığını, fırçalama sıklığı arttıkça fide ağırlığında ve yaprak uzunluğundaki azalmanın da arttığını belirtmektedirler. Pöntinen ve Voipio (1992), marulda fırçalama, sallama ve hava üflemenin fide gelişimi ve kalitesine etkisini araştırdıkları çalışmada iki farklı materyalle uyguladıkları fırçalamanın

kontrole göre fide boyunu önemli ölçüde azalttığını ancak sallama ve hava üflemenin etkili olmadığını, mekanik stres uygulamasının fidelerde yaş ve kuru ağırlık üzerine önemli bir etkisinin olmadığını, fırçalamanın yaprak genişliğini azalttığını belirtmektedirler.

1. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma 2023 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümünde yürütülmüştür. Fidelerin yetiştirilmesi için 2000 m² alana sahip, kısmi klima kontrollü boom sulama sistemli, gübre ve sulama otomasyonlu polikarbon sera kullanılmıştır.

1.1. Tohum Ekimi ve Fide Yetiştiriciliği

Fide yetiştiriciliği için tohumların ekim işlemi, 2023 yılı Mayıs ayında yapılmıştır. Çalışmada bitkisel materyal olarak Enza Zaden firmasına ait “Maritima” kıvrıkcık yapraklı baş salata çeşidi kullanılmıştır. Paklobutrazol uygulanan parsellerde paklobutrazol kaynağı olarak Syngenta firması tarafından bitki büyüme düzenleyici olarak pazarlanan Cultar (250 g/l paklobutrazol, %23 w/w) kullanılmıştır. Fide yetiştirme ortamı olarak %70 torf + %30 perlit olacak şekilde hazırlanan karışım kullanılmıştır. Tohum ekiminden sonra nem muhafazasını sağlamak için 2 numara vermikulit kapak materyali olarak kullanılmıştır. Fideler 384 gözlü viyoller içine yerleştirilmiş insörtlerde yetiştirilmiştir. Tohumlar, 1 Mayıs 2023 tarihinde fide kaplarına otomatik tohum ekme makinesi ile ekilmiş, nem muhafazasını sağlamak için 2 numara vermikulit kapak materyali ile kapatılmıştır. Tohum ekiminden sonra viyoller streç film ile sarılmış ve

18°C’ de 3 gün bekletildikten sonra fide yetiştirme serasına alınarak fide sehpaalarına yerleştirilmiştir. Tohumların ekiminden 4 hafta sonra gözlemlere başlanılmıştır.

1.2. Fidelerin Gübrenmesi ve Sulanması

Tohum ekiminden sonra günde iki kez bitkiler boom sulama sistemiyle gübre kullanılmadan sulanmış, çimlenmeden 7 gün sonra sulama, besin çözeltisi ile yapılmıştır. Besin çözeltisi ilk 1 hafta 10:52:10:10:10 (N:P:K:Ca:Mg) gübre dozları kullanılarak hazırlanmış, 1 haftadan sonra 20:10:20:10:10 (N:P:K:Ca:Mg) gübre dozları kullanılarak hazırlanmıştır. Sulama suyu konsantrasyonu ilk 15 gün EC 1.4 mmhos/cm, sonraki 1 hafta 1.8 mmhos/cm ve bundan sonra 2.0 mmhos/cm olacak şekilde ayarlanmıştır.

1.3. Deneme Deseni

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede her tekerrürde 128 bitki yetiştirilerek gözlemlerde 10’ ar bitki kullanılmıştır. Denemede 1 kontrol, 3 firçalama uygulaması, 2 kuraklık stresi uygulaması ve 1 paklobutrazol uygulaması olmak üzere 7 uygulama yapılmıştır. Buna göre 2688 tohum ekimi yapılmıştır.

1.4. Paklobutrazol Uygulaması

Denemede bitkilere paklobutrazol uygulamasında ticari fide yetiştiren firmaların kullandıkları yöntem uygulanmıştır. Paklobutrazol bitki başına 0.3 ml olmak üzere yapraktan sprey şeklinde uygulanmış, uygulamadan 5 dakika sonra sulama yapılarak paklobutrazolun

yapraktan yıkanarak kök bölgesine inmesi sağlanmıştır. Paklobutrazol tek uygulama şeklinde ve 20 ppm olarak uygulanmıştır.

1.5. Fırçalama Uygulaması

Fırçalama uygulaması bitkilerde ilk gerçek yapraklar tam oluştuğunda başlanmıştır. Fırça uygulaması 3 farklı uygulama şeklinde yapılmıştır. Birinci uygulama (Fırça-2) saat 08:00 - 18:00 saatleri arasında 2 saat arayla, ikinci uygulama (Fırça-5) saat 08:00, 13:00 ve 18:00' da olmak üzere 5 saat arayla, üçüncü uygulama (fırça 10) 08:00-18:00 saatleri arasında 10 saat arayla yapılmıştır. Her uygulama 2 dakika sürmüştür. Fırçalama fırça hızı 30 devir/dakika olan düzenekle ilk fırçalama önden arkaya yapılmışsa ikinci fırçalama önceki fırçalamanın ters istikametinde yapılacak şekilde uygulanmıştır. Kontrol bitkilerinde, kuraklık stresi çalışılan bitkilerinde ve paklobutrazol uygulanan bitkilerde herhangi bir fırça uygulaması yapılmamıştır.

1.6. Kuraklık Stresi Uygulaması

Kuraklık stresi uygulamasına fideler ilk gerçek yapraklarını tamamladıklarında başlanılmıştır. Kuraklık stresi iki farklı şekilde uygulanmış olup birinci uygulamada bitkiler su kısıntısı nedeniyle solmaya başladıkları andan itibaren 2 saat solmuş şekilde bekletilmiş (Drought-2) ve daha sonra sulama yapılmıştır. İkinci uygulamada bitkiler su kısıntısı nedeniyle solmaya başladıkları andan itibaren 4 saat solmuş şekilde bekletilerek (Drought-4) daha sonra sulama yapılmıştır. Solma belirtisi görsel olarak takip edilmiş ve yapraklar dik duruşlarını

kaybetmeye başlayınca solma başlamış kabul edilmiştir. Kontrol bitkilerinde, firçalama ve paklobutrazol uygulanan bitkilerde herhangi bir su kısıtlaması yapılmamıştır.

1.7. Gözlemler

Fide boyu (cm): Hasat dönemine gelen fidelerden her uygulama için 10' ar adet fidenin kök boğazından büyüme noktasına kadarki kısmı ölçülmüştür.

Gövde çapı (mm): Hasat dönemine gelen fidelerden her uygulama için 10' ar adet fidenin kök boğazının hemen üstünden gövde çapları dijital kumpas ile ölçülmüştür.

Yaprak sayısı (adet/ bitki): Her uygulamadaki fidelerden 10' ar fidenin gerçek yaprakları sayılmış ve kaydedilmiştir.

Kök uzunluğu (cm): Her parselden 10 adet fide sökülmüş, kökleri musluk suyu ile yıkanmış ve temizlenen kökler cetvel ile ölçülerek uzunlukları kaydedilmiştir.

Fide kuru ağırlığı (%): Yaş ağırlık ölçümü yapılan bitkiler etüvde 65°C sıcaklıkta ağırlıkları sabit değere gelene kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları 0.01 gram hassasiyete sahip hassas terazide tartılarak kaydedilmiştir. Kuru ağırlığın yağ ağırlığa oranı % fide kuru ağırlığı olarak değerlendirilmiştir.

Kök kuru ağırlığı (%): Yaş ağırlıkları ölçülen kökler, paketlenerek etüvde 65°C sıcaklıkta ağırlıkları sabit olana kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları 0.01 gram hassasiyete sahip terazide

tartılarak kaydedilmiştir. Kuru ağırlığın yağ ağırlığa oranı % kök kuru ağırlığı olarak değerlendirilmiştir.

Fide yaş ağırlığı (g): Fide yaş ağırlığı değeri fide yaş ve kök yaş ağırlıklarının değerleri toplanarak hesaplanmıştır.

Klorofil indeksi (SPAD):Fideler sökülmeden hemen önce her parselde 10 bitkide ve her bitkide ilk 2 gerçek yaprakta klorofil indeksi ölçümü klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen klorofil metre cihazı (Minolta SPAD-502) ile yapılmıştır.

Fide yaprak rengi: Her parselde sökümünden hemen önce 10 bitkide ve her bitkide ilk 2 gerçek yaprakta renk ölçümü yapılmıştır. Yaprak rengi renkölçer (CR-400, Minolta Co., Tokyo, Japan) ile L, a*, b* olarak ölçülmüştür. L* : Rengin açıklık ve koyuluğunu ifade eder. L* sıfıra yaklaştıkça siyah rengi, 100'e yaklaştıkça beyaz rengi temsil eder. a* rengin kırmızı ve yeşil tonlarını ifade eder. +a* kırmızı, -a* yeşil, b* rengin sarı ve mavi tonlarını ifade eder. +b* sarı, -b* mavi

1.8. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiki analizi IBM SPSS v.25.0 paket programı ile yapılmıştır. Gruplar arası farkın önem kontrolü tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmış olup veriler ortalama \pm standart hata olarak verilmiştir.

2. BULGULAR

2.1. Paklobutrazol ve Stres Uygulamalarının Fide Özelliklerine Etkisi

Marul ve kıvırcık yapraklı salatalar sebze türleri arasında fidesi en çok yetiştirilen türlerdendir. Kıvırcık yapraklı baş salatalar fide dikiminden itibaren 45-50 gün sonra hasat edildikleri için fide yetiştiriciliğinde paklobutrazol kullanılması kalıntı riskinin yüksek olması nedeniyle tercih edilmemektedir. Kıvırcık yapraklı baş salata fidelerinin yetiştiriciliğinde alternatif yöntemlerin denenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmada uygulanan fidelerin firçalanması ve kuraklık stresi fide özelliklerinde önemli farklılıklar oluşturmuştur. İlerleyen bölümlerde de görüleceği gibi özellikle 2 saat aralıklarla yapılan firçalama uygulamaları ve bitkilerin susuzluk belirtisi gösterdikten sonra 2 saat süreyle kuraklık stresine tabi tutulmaları paklobutrazol uygulamasına eş değer düzeyde kompakt fidelerin elde edilmesini sağlamıştır.

2.2. Fide Boyu, Gövde Çapı ve Yaprak Sayısı

Fide boyu 5.87 cm ile 11.35 cm arasında değişmiştir. Fide boyu kontrol uygulamasında en yüksek çıkarken, 4 saat kuraklık uygulamasında en düşük fide boyu elde edilmiştir. Firçalama sıklığı arttıkça fide boyunda kısalma meydana gelirken 2 saatte bir yapılan firçalama ile diğer firça uygulamaları arasında önemli fark elde edilmiştir. Çalışmada 2 saatte bir firçalama, 2 ve 4 saat kuraklık stresi uygulamaları paklobutrazol uygulamasına göre fide boyunda daha fazla kısalma yapması dikkat çekmektedir. Fide boyu bakımından

uygulamalar arasındaki farklılıklar $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli çıkmıştır (Tablo 2).

Gövde çapı uygulamalara bağlı olarak 2.35-2.85 mm arasında değişmiştir. En yüksek gövde çapı paklobutrazol uygulanan fidelerden elde edilirken, en düşük gövde çapı 2 saat aralıkla yapılan fırça uygulamasından elde edilmiştir. 10 saat ve 5 saat aralıkla yapılan fırça uygulaması ile 4 saat kuraklık uygulaması yapılan fidelerin gövde çapları arasında fark çıkmadığı görülmüştür. Stres uygulaması yapılan tüm fidelerin gövde çapının kontrol grubunda yer alan fidelerden düşük çıkması dikkat çekicidir. Gövde çapı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli çıkmıştır (Tablo 2).

Tablo 2: Fide Boyu, Gövde Çapı, Yaprak Sayısına Uygulamaların Etkisi

Uygulama	Fide boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Yaprak sayısı (adet/fide)
Kontrol	11.35 ± 0.95a	2.73 ± 0.06ab	7.47 ± 0.12a
Fırça -2	7.36 ± 0.34c	2.35 ± 0.08c	5.90 ± 0.17d
Fırça-5	9.78 ± 0.62b	2.58 ± 0.24bc	6.37 ± 0.12c
Fırça-10	10.50 ± 0.38ab	2.61 ± 0.12bc	7.13 ± 0.21b
Drought-2	7.72 ± 0.89c	2.97 ± 0.12a	6.53 ± 0.12c
Drought-4	5.87 ± 0.41d	2.61 ± 0.25bc	6.53 ± 0.12c
PBZ	7.86 ± 0.17c	2.85 ± 0.06ab	7.33 ± 0.06ab
P Değeri	**	*	**

** : $P \leq 0.01$; * : $P \leq 0.05$

Fidelerde önemli kalite kriterlerinden biri yaprak sayısıdır. Ancak gerek paklobutrazol uygulaması ve gerekse diğer stres faktörleri fidelerde büyümeyi yavaşlattığından yaprak sayısında da azalmaya

neden olmaktadır. Çalışmada yaprak sayısı 5.90 ile 7.47 arasında değişirken, kontrol grubu fidelerde yaprak sayısı en yüksek bulunmuştur. 2 saat, 5 saat aralıklarla yapılan fırçalama ile kuraklık uygulamaları yaprak sayısında azalmaya neden olmuştur. Yaprak sayısı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli çıkmıştır (Tablo 2).

Fide boyu gibi gövde kalınlığı ve yaprak sayısı da fide kalitesi hakkında bir fikir veren kriterlerdir. Ancak burada da bu özellikler tek başlarına bir kanaat oluşturmamakta ve diğer kriterlerle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Denemede tüm stres koşulları yaprak sayısında azalmaya neden olmasına rağmen 10 saat aralıklarla yapılan fırça uygulaması paklobutrazol uygulaması ile karşılaştırıldığında paklobutrazol yerine kullanılabilen uygulama olabilecektir.

2.3. Kök Boyu, Fide ve Kök Kuru Ağırlıkları

Kök boyu 4.24-5.32 cm arasında değişiklik göstermiştir. En kısa kök boyu 4 saat kurak stresi uygulamasında görülmüş ve genel olarak kuraklık stresi uygulamaları kök boyunda daha fazla kısalmaya neden olmuştur. Çalışmada 2 ve 5 saat aralıklarla fırçalanan bitkilerin kök boyu; kontrol grubu, paklobutrazol ve diğer stres uygulaması yapılan fide gruplarına göre daha yüksek çıkmıştır. Kuraklık stresi uygulanan fidelerin kök boyları paklobutrazol uygulanan fidelerin kök boylarından daha kısa olmuştur. Fark önemli çıkmasa da kuraklık stresinin süresi 2 saatten 4 saate çıktığında kök boyu kısalmıştır. Fide kök boyu bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli çıkmıştır (Tablo 3).

Kıvırcık yapraklı baş salata fidelerinde önemli kalite kriterlerinden biri de fide kuru ağırlığıdır. Çalışmada fide kuru ağırlığı % 4.00-6.18 arasında değişmiştir. Kontrol uygulamasında fide kuru ağırlığı en düşük çıkarken, 4 saat kuraklık stresi uygulamasında en yüksek çıkmıştır. Kuraklık stresinin süresinin uzaması fide kuru ağırlığında artışa neden olmuştur. Fırçalama sıklığı arttıkça kuru ağırlık ta artmıştır. Paklobutrazol uygulaması ile karşılaştırıldığında kuraklık stresi uygulamaları ve 2 saat aralıkla yapılan fırça uygulaması fide kuru ağırlığında daha fazla artış sağlamıştır. Fide kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli çıkmıştır (Tablo 3).

Kök kuru ağırlıkları % 3.31 ile 5.46 arasında değişmiştir. En yüksek kök kuru ağırlığı 4 saat kuraklık stres uygulamasından elde edilirken, 5 saat aralıklarla yapılan fırça uygulamasında kök kuru ağırlığı minimum olmuştur. Uygulan kuraklık stres süresinde ki artışın kök kuru ağırlığını arttırdığı görülmüştür. Kontrol grubu fidelerin kök kuru ağırlıkları ile 2 saat aralıklarla yapılan fırça uygulaması ve paklobutrazol uygulamalarındaki fidelerin kuru kök ağırlığı birbirine çok yakın çıkmıştır Kök kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli çıkmıştır (Tablo 3).

Kök boyu ve kök kuru ağırlığı fidelerde ölçülmesi en zor parametrelerdir. Bu ölçümlerde özellikle kök yıkaması sırasında kayıplar meydana gelmekte ve elde edilen veriler fide kalitesini belirlemede önemli kriterler olarak kullanılamamaktadır. Bununla beraber % fide kuru ağırlığı fide kalitesinin belirlenmesinde önemli

parametrelerden biridir. Denemede 2 saat aralıklarla yapılan fırça uygulaması ve kuraklık uygulamalarının fide kuru ağırlığında önemli düzeyde artış sağlaması dikkat çekmektedir (Tablo 3). Bununla beraber % fide kuru ağırlığı da tek başına fide kalitesini yorumlamak için yeterli değildir. Diğer parametrelerle beraber değerlendirilerek bir sonuca ulaşılması daha doğru olacaktır.

Tablo 3: Kök Boyu, Fide ve Kök Kuru Ağırlığına Uygulamaların Etkisi

Uygulamalar	Kök boyu (cm)	Fide kuru ağı. (%)	Kök kuru ağı. (%)
Kontrol	4.88 ± 0.22bcd	4.00 ± 0.14b	3.75 ± 0.25cd
Fırça 2	5.32 ± 0.29a	5.62 ± 0.31a	3.87 ± 0.46cd
Fırça-5	5.14 ± 0.31ab	4.59 ± 0.66b	3.31 ± 0.65d
Fırça-10	4.98 ± 0.17abc	4.46 ± 0.37b	4.22 ± 0.36bc
Drought- 2	4.51 ± 0.19de	5.59 ± 0.39a	4.76 ± 0.45ab
Drought -4	4.24 ± 0.19e	6.18 ± 0.44a	5.46 ± 0.46a
PBZ	4.59 ± 0.10cde	4.62 ± 0.49b	3.94 ± 0.15cd
P Değeri	**	**	**

** : P<0.01

2.4. Klorofil ve Fide Yaş Ağırlığı

Yaprak klorofil içeriği SPAD değeri olarak belirlenmiştir. SPAD değeri 24.60-37.00 arasında değişmiştir (Tablo 4). Buna göre yaprak klorofil içeriği kontrol grubu fidelerde en düşük çıkarken, kuraklık stresi uygulamalarında en yüksek bulunmuştur. Kuraklık stresi uygulaması yaprak klorofil içeriğini artırmasına karşın kuraklık süresinin uzaması istatistiki olarak önemsiz bulunsa da klorofil

miktarında azalmaya neden olmuştur. Fırçalama fidelerde klorofil miktarında kontrole göre artış sağlamış, fırça uygulamaları arasındaki fark önemli çıkmamıştır. Paklobutrazol uygulaması kontrol ve tüm fırçalama uygulamalarına göre klorofil miktarında daha fazla artış sağlamıştır (Tablo 4).

Klorofil içeriği bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli çıkmıştır. Fidelerin kökleri ile birlikte tartılarak elde edilen fide yaş ağırlığı miktarları uygulamalara bağlı olarak 3.27-6.90 g arasında değişmiştir. En yüksek fide ağırlığı kontrol uygulamasından elde edilmiştir. 4 saat kuraklık stresi uygulamasında fide ağırlığı en düşük bulunmuştur. Fırçalama uygulamaları arasında 2 saat aralıklarla yapılan fırçalama fide ağırlığında en düşük fide yaş ağırlığı verirken, kuraklık stresi uzadığında fide ağırlığında azalma görülmüştür. Fide yaş ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli çıkmıştır (Tablo 4).

Fidelerde büyüme ve uzama yavaşladığında yapraklarda klorofil miktarı artmaktadır. Denemede de uygulamalar yapraklarda klorofil miktarını artırmıştır. Özellikle 2 saat süreyle uygulanan kuraklık stresi uygulamasında klorofil miktarının en yüksek değere ulaşması bundan önceki parametreler de dikkate alındığında paklobutrazole önemli bir alternatif olarak dikkat çekmektedir. Fide yaş ağırlığının yüksek olması bir fidenin kaliteli olduğu anlamına gelmemektedir. Zaten denemede herhangi bir uygulama yapılmayan kontrol grubu fidelerde yaş ağırlık en yüksek değeri vermiştir. Burada stres uygulamalarının fidelerde durdurucu etkisi yaptığı fide yaş ağırlıklarından açıkça anlaşılmaktadır.

Stresin şiddetine bağlı olarak yaş ağırlıktaki düşüş de daha fazla olmuştur (Tablo 4).

Tablo 4: Yaprak Klorofil İçeriği ve Fide Yaş Ağırlığı Üzerine Uygulamaların Etkisi

Uygulamalar	SPAD	Fide yaş ağırlığı (g)
Kontrol	24.60 ± 0.62d	6.90 ± 0.47a
Fırça 2	26.23 ± 0.42 c	4.02 ± 0.52de
Fırça-5	25.37 ± 0.57cd	5.46 ± 0.62b
Fırça-10	25.93 ± 0.91cd	5.05 ± 0.29bc
Drought- 2	37.00 ± 0.66a	4.47 ± 0.57cd
Drought -4	36.03 ± 0.86a	3.27 ± 0.17e
PBZ	34.57 ± 0.91b	5.63 ± 0.32b
P Değeri	**	**

** : P≤0.01

2.5. Uygulamaların Yaprak Rengine Etkisi

Renk ölçümleri yaprağın renk yoğunluğu, yeşil rengin hakimiyeti ve sarı renk düzeyi hakkında fikir vermektedir. Denemede L* değeri 45.8 ile 51.02 arasında değişmiştir. Fidelerde L* değeri yükseldikçe fide rengi açılmaktadır. Stres uygulamaları yaprak renginin daha koyu olmasını sağlamıştır. Stres şiddeti arttıkça renk koyulaşması da artmıştır. 2 ve 4 saat süreyle kuraklık stresi uygulaması ve 2 saat aralıklarla fırçalama uygulaması hem kontrole hem de paklobutrazol uygulamasına göre fide renginin daha koyu olmasını sağlamıştır. L* değeri uygulamalar arasındaki fark P≤0.01 düzeyinde önemli çıkmıştır (Tablo 5).

Fidelerde a* renk değeri -13.46 ile -16.55 arasında değişmiştir. 2 saat aralıklarla fırçalama ve 4 saat kuraklık uygulamasında a* değeri diğer uygulamalara göre daha yüksek çıkmış ve oluşan fark önemli bulunmuştur. Burada a* değerinin negatif çıkması yeşil rengin hakim olduğunu ve uygulamalara bağlı olarak da rengin tonunun farklı olduğu görülmektedir. Denemede a* değeri bakımından uygulamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli çıkmıştır. Denemede fidelerin yapraklarında sarı renk oluşumunun da görüldüğü b* renk değerinden anlaşılmaktadır. Stres uygulamalarına bağlı olarak yapraklarda sarı renk miktarı azalmıştır. B* renk değeri 20.68 ile 23.85 arasında değişmiştir. Bununla beraber uygulamalar arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur (Tablo 5).

Kıvırcık yapraklı baş salata fidelerinde renk önemli kalite kriterlerinden biridir. Denemede yapılan ölçümlerde stres uygulamalarının fidelerde renk üzerine etkili olduğu, rengin koyulaşmasına ve canlılığına katkı sağladığı görülmektedir. Paklobutrazol uygulamasında elde edilen renk değerlerinin bazı stres uygulamalarından da elde edilmesi paklobutrazole alternatif uygulamaların mümkün olduğunu göstermektedir. Kıvırcık yapraklı baş salatalarda fidelerin yapraklarının narin yapısı nedeniyle fırçalama esnasında mekanik zararlanmalar meydana gelmiştir. Paklobutrazol uygulamasına alternatif olarak 2 veya 5 saat aralıklarla fırçalama veya 2 saat kuraklık stresi uygulanması dikkat çekmektedir (Şekil 1).

Tablo 5: Fide Yapraklarının Renk Özellikleri Üzerine Uygulamaların Etkisi

Uygulamalar	L*	a*	b*
Kontrol	51.02 ± 0.74a	-15.16 ± 0.40bc	23.35 ± 0.68
Fırça-2	48.22 ± 0.20bc	-14.59 ± 0.77ab	22.22 ± 0.94
Fırça-5	49.64 ± 1.21ab	-16.55 ± 1.34c	23.85 ± 0.88
Fırça-10	50.37 ± 1.15a	-15.06 ± 0.74bc	23.37 ± 0.82
Drought-2	45.80 ± 1.52d	-15.19 ± 0.79bc	21.88 ± 0.90
Drought-4	47.27 ± 0.79cd	-13.46 ± 0.30a	20.68 ± 0.56
PBZ	49.52 ± 1.07ab	-15.39 ± 0.67bc	23.69 ± 0.85
P Değeri	**	*	ö.d.

** : P≤0.01; * : P≤0.05; ö.d: önemli değil.

Eğer fırçalama tercih edilecekse mekanik zararlanmaya neden olmayacak daha yumuşak veya daha seyrek yapılı fırçalar kullanılmalıdır. Kuraklık stresi uygulanacaksa fidelikte bitkilerin aynı zamanda susuzluk belirtisi göstermeleri gerekir. Aksi taktirde homojen bir durum sağlanamazsa fideler arasında gelişme farklılıkları meydana gelecektir. Bu iki olumsuzluk giderildiği taktirde fırçalama uygulaması da, 2 saat kuraklık stresi uygulaması da paklobutrazole alternatif olarak rahatlıkla kullanılabilir.



Şekil 1: Kıvırcık yapraklı baş salata uygulamalara göre fide görünüşleri.

a) Paklobutrazol, b) 2 saat ara ile fırçalama, c) 5 saat ara ile fırçalama, d) 10 saat ara ile fırçalama, e) 2 saat süreyle kuraklık stresi uygulaması, f) 4 saat süreyle kuraklık stresi uygulaması, g) kontrol

3. SONUÇ ve TARTIŞMA

Kıvırcık yapraklı baş salata fidelerinde bütün uygulamalar kontrole göre fide boyunu önemli düzeyde baskılamıştır. Kontrol ile 10 saat arayla yapılan fırçalama uygulaması arasında fark önemli çıkmamıştır. 2 saat kuraklık stresi ve paklobutrazol uygulamasında gövde çapı kontrolden daha yüksek çıkmıştır. Yaprak sayısı bütün uygulamalarda azalma göstermiş, kontrol ile paklobutrazol arasında fark önemli çıkmamıştır. Fırçalama ve 2 saat kuraklık stresi kök boyunda artış sağlarken paklobutrazol uygulaması kök boyunda azalmaya neden olmuş, ancak oluşan fark önemli çıkmamıştır. 5 saat fırça uygulaması dışında diğer uygulamalarda % kök kuru ağırlığı artmıştır. Denemede uygulamaların tümünde % fide kuru ağırlığı kontrolden daha yüksek çıkmıştır. Stres uygulamaları kök ve yeşil aksamda kuru madde birikimini artırmıştır.

Kıvırcık yapraklı baş salata fidelerinde en önemli kalite kriterlerinden biri yaprak rengi, rengin tonu ve canlılığıdır. Denemede uygulamaların tümünde yaprak klorofil içeriği kontrolden yüksek çıkmış, kuraklık stresi uygulamalarında bu etki daha fazla görülmüştür. Paklobutrazol uygulaması ile karşılaştırıldığında 2 ve 4 saat kuraklık stresi daha fazla klorofil oluşumuna katkı sağlamıştır. Domates ve hıyarda olduğu gibi kıvırcık yapraklı baş salatada da fide yaş ağırlığı kontrolde en yüksek değere ulaşmıştır. Bu durum herhangi bir stres uygulaması veya durdurucu kullanılmadığından kontrol fidelerinde büyüme daha hızlı olduğundan yapraklar daha büyük olmuştur. Ancak yaprakların gevrekliği azalmış, renk açılmış ve daha sarkık bir hal almıştır. Fide yaş ağırlığı olarak ta adlandırdığımız biomasın yüksek olması o uygulamanın etkili olduğu anlamına gelmemektedir. Fide renk değerleri incelendiğinde kontrol bitkilerinde rengin daha açık tonlarda olduğu, yaprak fırçalama sıklığı ve kuraklık stresi süresi arttıkça fidelerin yaprak renginin daha koyu, daha elastik ve türe has renge sahip olduğu görülmüştür.

Uygulamaların fide boyu, yaprak sayısı, kök uzunluğu, gövde çapı, % kuru ağırlık oranları, klorofil içeriği ve renk değerlerine etkileri incelendiğinde 2 ve 4 saat aralıklarla yapılan fırçalamalar ile 2 saat kuraklık stresi uygulamalarının kontrole göre fide kalitesinde önemli artışlar sağladığı, paklobutrazol kullanılan uygulamaya eşdeğer sonuçlar verdiği görülmektedir. Kıvırcık yapraklı baş salatalar 45-60 gün gibi kısa sürelerde hasat edilmektedirler. Paklobutrazolun yarılanma ömrünün uzunluğu da dikkate alındığında kıvırcık yapraklı

baş salata fidelerinin yetiştirilmesinde paklobutrazol kullanılması son derece sakıncalıdır. Denemede özellikle 2 saat süreyle uygulanan kuraklık stresi paklobutrazol ile benzer, hatta bazı özelliklerde paklobutrazoldan daha etkili sonuçlar vermiştir. Aynı zamanda 2 ve 5 saat aralıklarla yapılan fırçalama uygulamaları da paklobutrazole alternatif olacak düzeyde başarılı olmuştur. Bununla beraber fırçalamanın mekanik zararlara yol açma ihtimali göz önünde tutulmalıdır. Bu nedenle pratikte uygulanabilirliği en etkili yöntem 2 saat süreyle kuraklık stresi uygulaması olarak öne çıkmaktadır. Uygun fırça malzemesi kullanılması durumunda sabah 08:00 ile akşam 18:00 saatleri arasında 2 saat aralıklarla fırçalama yapılması da kaliteli fidelerin elde edilmesini sağlayacaktır.

Marul ve kıvırcık yapraklı baş salatalarda fide yetiştiriciliğinde fide gelişimi ve fide kalitesi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ancak bu çalışmalar genelde ışığın etkisi (Johkan ve ark., 2010), yetiştirme ortamlarının etkisi (Nicola ve Cantliffe, 1996), sulama ve gübreleme (Soundy ve ark., 2005) ve bitki büyüme düzenleyicileri ve geciktiricilerin etkileri (Sherman ve Hillyer, 1976; Coro ve ark., 2014) üzerinde yoğunlaşmıştır. Fide gelişimi ve kalitesi üzerine, özellikle de fide boyunun kontrol edilmesi ve kompakt fide elde edilmesinde fırçalama ve kuraklık stresi ile ilgili çok az çalışma yapılmıştır. Karthikeyan ve ark. (2007) ile Jaleel ve ark. (2007), su stresi veya kuraklık stresi altındaki bitkilerde turgor basıncının düşmesine bağlı olarak hücre genişlemesi ve hücre büyümesinin olumsuz etkilendiğini bildirmektedirler. Patel ve Golakia (1988), kuraklık stresi altındaki

Aalbizzia fidelerinde gövde boyunun kısaldığını belirtmektedir. Benzer sonuçları Pita ve Pardes (2001) *Erythrina* bitkisinde, Marron ve ark. (2002) *Eucalyptus microtheca* fidelerinde, Nicholas (1998) *Populus* türlerinde belirlemişlerdir.

Kuraklık stresi bitkilerde aynı zamanda yaprak sayısının azalmasına, yaprakların küçük kalmasına, kök boyunun azalmasına ve kök kuru ağırlığının azalmasına neden olmaktadır (Nanjo, 1999). Shin ve ark. (2021), marul fidelerinin yetiştiriciliğinde kuraklık stresinin uzun süreli etkilerini araştırdıkları çalışmalarında fide yaş ağırlığının kuraklığa bağlı olarak azaldığını ve kuraklığın şiddeti arttıkça azalma hızının da arttığını, klorofil içeriğinin kuraklık şiddetinin düşük olduğunda değişmediğini, ancak kuraklık şiddeti arttıkça klorofil içeriğinin azaldığını ve marul fidelerinde kuraklık stresinin fidecilik sektörü için önemli sonuçlar ortaya koyduğunu belirtmektedirler.

Pöntinen ve Voipio (1992), marulda fırçalama, sallama ve hava üflemenin fide gelişimi ve kalitesine etkisini araştırdıkları çalışmada iki farklı materyalle uyguladıkları fırçalamanın kontrole göre fide boyunu önemli ölçüde azalttığını ancak sallama ve hava üflemenin etkili olmadığını, mekanik stres uygulamasının fidelerde yaş ve kuru ağırlık üzerine önemli bir etkisinin olmadığını, fırçalamanın yaprak genişliğini azalttığını belirtmektedirler.

KAYNAKLAR

- Abak, K., Erkan, O., Eser, B., Halloran, N., Yanmaz, R., Sarı, N., & Ekiz, H., (2000). Sebze tarımında 2000' lerde üretim hedefleri, V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, 17-20 Ocak 2000, TMMOB Zir. Müh. Odası, Ankara. 2.Cilt, 617-644.
- Anonim, (2022). Kuruluşundan bugüne FİDEBİRLİK. Fidebirlik e-bülten, (47)
- Anonim, (2023). FİDEBİRLİK' in yıllara ve illere göre üye sayısı. <http://www.fidebirlik.org.tr/uyelik/fidebirlikin-yillara-ve-illere-gore-uye-sayisi/>
- Baden, S.A., & Voipio J.G. (1992). An effective system for brushing vegetable transplants for height control. Hort Technology 2: 412-414.
- Balliu, A., Sallaku, G., & Nasto, T., (2017a). Nursery management practices influence the quality of vegetable seedlings. Italus Hortus, 24(3): 39-52.
- Balliu A., Marsic N.K., & Gruda, N., (2017b). Seedling Production. In: Good Agricultural Practices For Greenhouse Vegetable Production In The South East European Countries - Principles For Sustainable Intensification Of Smallholder Farms, Edition: Plant Production And Protection Paper. 230:189-206.
- Biddington, N.L., & Dearman, A.S. (1985). The effects of mechanically-induced stress on water loss and drought resistance in lettuce, cauliflower and celery seedlings. Annals of Botany, 56(6): 795-802.
- Bjorkman, T. (1998). Mechanical conditioning for controlling excessive elongation in transplants (Plant Growth Regulation by Physical and Mechanical Stimuli, For Further Development of Horticulture in East Asia). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 67(6): 1121-1123.
- Bjorkman, T. (1999). Dose and timing of brushing to control excessive hypocotyl elongation in cucumber transplants. Hortechology, 9 (2): 224-226.
- Boyer, N. (1967). Modifications de la croissance de la tige de bryone (Bryonia Dioica) a la suite d'irritations tactiles. Comptes Rendus Des Seances De Vacademie Des Sciences, Paris 264, 2114-7.

- Choi, Y.H., Lee, H.C., Park, D.K., Kwon, J.K., & Lee, J.H. (2001). Effects of mechanical stimulation and chemical treatments on growth of seedlings and yield of tomato. *Kor. J. Hortic. Sci. Tehcnol.* 19: 320-324.
- Coro, M., Araki, A., Rattin, J., Miravé, P., & Di Benedetto, A. (2014). Lettuce and celery responses to both BAP and PBZ related to the plug cell volume. *American Journal of Experimental Agriculture*, 4(10): 1103.
- Demir, K., Çakırer, G., & Özkök, A. (2014). Ülkemizde sebze fidesi üretiminin durumu, sorunları ve çözüm önerileri. *Tarım Gündem Dergisi* 20 (4): 22-24.
- Duman, G., & Düzyaman, E., (2003). Growth control in processing tomato Seedlings. *Acta Horticulturae*, 613: 95-102.
- Engindeniz, S. (2009). Türkiye' de sebze üretimi ve gelecek için bazı öneriler. *Verimlilik Dergisi*, (2), 99-117.
- Garner, L.C., & Björkman, T. (1999). Mechanical conditioning of tomato seedlings improves transplant quality without deleterious effects on field performance. *HortScience*, 34(5): 848-851.
- Hernandez, L.F. (2016). Wind as a mechanical stimulus affect the rate of early reproductive development in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *International Journal of Advanced Research in Botany* 2(1): 14-24.
- Jaffe, M.J. (1973). Thigmomorphogenesis: the response of plant growth and development to mechanical stimulation. *Planta (Berl.)*, 114: 143-157.
- Jaffe, M.J. (1976). Thigmomorphogenesis: A detailed characterisation of the response of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to mechanical stimulation. *Zeitschrift Fur Pflanzenphysiologie*, 77: 437-53.
- Jaffe, M.J., & Biro, R. (1979). Thigmomorphogenesis: The effect of mechanical perturbation on the growth of plants with special reference to anatomical changes, the role of ethylene, and interaction with other environmental stresses. *Stress Physiology of Crop Plants*, 25-59.
- Jaffe, M.J. (1980). Morphogenetic responses of plants to mechanical stimuli or stress. *Bioscience*, 30: 239-243.

- Jalal, M., Nchioua, Z., Chouham, S., & Ez-Zaher, L. (2020). Triazole fungicides induce hepatic lesions and metabolic disorders in rats. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 10(2): 40-47.
- Jaleel, C.A., Gopi,R., Sankar, B., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sridharan, R., & Panneerselvam, R. (2007). Alterations in germination, seedling vigour lipid peroxidation and proline metabolism in *Catharanthus roseus* seedlings under salt stress, *South African Journal of Botany*, 73(2): 190–195.
- Jeong, H.W., Lee, H.R., Kim, H.M., Kim, H.M., Hwang, H.S., & Hwang, S.J. (2020). Using light quality for growth control of cucumber seedlings in closed-type plant production system. *Plants*, 9(5): 639.
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hashida, S., & Yoshihara, T. (2010). Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *HortScience*, 45(12): 1809-1814.
- Karthikeyan, B., Jaleel, C.A., Gopi, R., & Deiveekasundaram, M. (2007). Alterations in seedling vigour and antioxidant enzyme activities in *Catharanthus roseus* under seed priming with native diazotrophs, *Journal of Zhejiang University Science B.*, 8: 453–457.
- Kim, H.M., Lee H.R., Jeong H.W., Kim H.M., & Hwang, S.J. (2018). Height suppression of cucumber and tomato plug seedlings using of brushing stimulus. *Journal of Bio-Environment Control*, 27(4): 285-293.
- Latimer, J.G. (1990). Drought or mechanical stress affects broccoli transplant growth and establishment but not yield. *HortScience*, 25(10): 1233-1235.
- Latimer, J.G. (1992). Drought, paclobutrazol, abscisic acid, and gibberellic acid as alternatives to daminozide in tomato transplant production. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(2): 243-247.
- Latimer, J.G., & Beverly, R.B. (1994). Conditioning affects growth and drought tolerance of cucurbit transplants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(5): 943-948.
- Lawton, R.O. (1982). Wind stress and elfin structure in a montane rain forest tree: An adaptive explanation. *American Journal of Botany*, 69: 1224-1230.

- Liu, J., Leatherwood, W.R., & Mattson, N.S. (2012). Irrigation method and fertilizer concentration differentially alter growth of vegetable transplants. *Hort Technology*, 22(1): 56-63.
- Marron, N., Delay, D., Petit, J.M., Dreyer, E., Kahlem, G., Delmotte, F.M., & Brignolas, F. (2002). Physiological traits of two *populus* × *euramericana* clones, Luisa avanzo and dorskamp, during water stress and re-watering cycle, *Tree Physiology*, 22: 849–858.
- Mitchell, C.A., Severson, C.J., Won, J.A., & Hammer, P.A. (1975). Seismomorphogenic regulation mechanical stimulation with special reference to *bryonia dioica*. *Planla* 114: 143-57.
- Morel, P., Crespel L., Galopin G., & Moulia B., (2012). Effect of mechanical stimulation on the growth and branching of garden rose. *Scientia Horticulturae*, 135: 59-64.
- Nanjo, T. (1999). Biological functions of proline in morphogenesis and osmotolerance revealed in antisense transgenic *Arabidopsis thaliana*, *The Plant Journal*, 18: 185–193.
- Nicholas, S. (1998). Plant resistance to environmental stress, *Current Opinion in Biotechnology*, 9: 214–219.
- Nicola, S., & Cantliffe, D.J. (1996). Increasing cell size and reducing medium compression enhance lettuce transplant quality and field production. *HortScience*, 31(2): 184-189.
- Patel, M.S., & Golakia, B.A. (1988). Effect of water stress on yield attributes and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.), *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 58(9): 701–703.
- Pita, P., & Pardes, J.A. (2001). Growth, leaf morphology, water use and tissue water relation of *Eucalyptus globules* clones in response to water deficit, *Tree Physiology*, 21: 599–607.
- Pöntinen, V., & Voipio, I. (1992). Different methods of mechanical stress in controlling the growth of lettuce and cauliflower seedlings. *Acta Agriculture Scandinavica Section B–Soil and Plant Science*, 42(4): 246-250.

- Prunty, R.M., Agent, E., & George, K. (2015). Characteristics of good quality transplants. Virginia Cooperative Extension. 2906-1383.
- Rajapakse, N.C., & Li, S. (2002). Exclusion of far red light by photosensitive greenhouse films reduces height of vegetable seedlings. In XXVI International Horticultural Congress: Issues and Advances in Transplant Production and Stand Establishment Research. 631, 193-199.
- Rajapakse, N.C., Young, R.E., McMahon, M.J., & Oi, R. (1999). Plant height control by photosensitive filters: current status and future prospects. HortTechnology, 9(4): 618-624.
- Roman, D.L., Voiculescu, D.I., Ostafe, V., Ciorsac, A., & Isvoran, A. (2022). A review of the toxicity of triazole fungicides approved to be used in European Union to the soil and aqueous environment. Ovidius University Annals of Chemistry, 33(2): 113-120.
- Sherman, M., & Hillyer, I.G., (1976). Daminozide reduces stem elongation of 'Grand Rapids forcing' leaf lettuce grown at high greenhouse temperatures. HortScience, 11(6): 607-608.
- Shin, Y.K., Bhandari, S.R., Jo, J.S., Song, J.W., & Lee, J.G. (2021). Effect of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, phytochemical contents, and antioxidant activities in lettuce seedlings. Horticulturae, 7(8): 238.
- Soundy, P., Cantliffe, D.J., Hochmuth, G.J., & Stoffella, P. J. (2005). Management of nitrogen and irrigation in lettuce transplant production affects transplant root and shoot development and subsequent crop yields. HortScience, 40(3): 607-610.
- Takaki, A., Masuda, T., Tsukismma, N., Kaoawa, K., & Kurosawa, K. (1977). The effects of mechanical stimulation on the seedling growth of sugar beet. I. Proceedings of The Sugar Beet Research Association. 19, 203-12.
- Turgeon, R., & Webb, J.A. (1971). Growth inhibition by mechanical stress. Science 174: 961-2.
- Wu, S., Yu, M., Zhang, H., Han, J., & Qian, M. (2015). Enantioselective degradation of (2RS, 3RS)-paclobutrazol in rat liver microsomes. Chirality, 27(5): 344-348.

- Wurr, D.C.E., Fellows, J.R., & Hadley, P. (1986). The influence of supplementary lighting and mechanically-induced stress during plant raising, on transplant and maturity characteristics of crisp lettuce. *Journal of Horticultural Science*, 61(3): 325-330.
- Yelboğa, K., (2014). Tarımın büyüyen gücü, fide sektörü. *Bahçe Haber*, 3(2): 13-16.

BÖLÜM 10

PATLICANDA FARKLI ANAÇLAR ÜZERİNE AŞILAMANIN ERKENCİLİK, VERİM VE MEYVE KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Zir. Yük. Müh. Emine POLAT^{1*}

Prof. Dr. Naif GEBOLOĞLU²

Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül DURUKAN KUM²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8285013>

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat, Türkiye.; eminep0511@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5839-9921

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye. naif.gebologlu@gop.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-2495-7088; aysegul.durukan@gop.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-5193-0628

*: Sorumlu yazar

Bu çalışma birinci yazarın Yüksek Lisans Tezi' nin bir kısmından üretilmiştir.

GİRİŞ

Patlıcan gerek ülkemizde gerekse dünyada yetiştiriciliği yaygın olarak yapılan önemli sebze türlerinden biridir. Özellikle Asya ve Akdeniz ülkeleri önemli patlıcan üreticisi ülkelerdir. Dünya genelinde patlıcan yetiştiriciliğini sınırlayan, hatta önemli verim ve kalite kayıplarına neden olan faktörler bulunmaktadır. Günümüzde artık bitki besleme ve benzeri kültürel uygulamalarda belirli bir aşamaya gelinmiştir. Bununla beraber çeşit ıslahı ve özellikle de dayanıklı çeşit ıslahı çalışmaları bütün hızıyla devam etmektedir. Toprak kökenli ve yeşil aksam hastalıkları, toprak altı ve yeşil aksam zararlıları gibi biyotik stres faktörleri ile kuraklık, düşük toprak sıcaklığı, aşırı toprak nemi, toprak tuzluluğu ve alkaliliği gibi abiyotik stres faktörleri patlıcan yetiştiriciliğini tehdit eden önemli faktörlerdir. Bu nedenle ıslah çalışmaları verim ve kalitenin yanında biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı dayanıklı çeşit geliştirme yönünde de ilerlemektedir.

Dayanıklılık ıslahının önemli bazı sakıncaları bulunmaktadır. Özellikle türler arası melezlemelerde kültür çeşidinin özellikleri zayıflamakta veya kaybolmaktadır. Patlıcan ıslahında da dayanıklılık kaynakları akraba türlerde bulunduğundan türler arası melezlemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda verim, kalite ve morfolojik özelliklerde kayıplar yaşanmaktadır. Günümüze kadar yapılan çalışmalar sonucunda türler arası melezlemelerde ticari nitelikte çeşit geliştirilemiyorsa anaç olarak kullanılması gerektiği ortaya konmuştur.

Patlıcanda aşılama biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı kullanılmakla beraber anaçların kuvvetli kök yapıları, yüksek absorpsiyon yetenekleri ve yüksek adaptasyon yetenekleri sayesinde üzerlerine aşılama ticari çeşitlerin verim ve kalitesinin yükselmesine de katkı sağlamaktadır. Aşılı patlıcanlarda verim artışı anaca bağlı olarak değişmektedir (Bletsos ve ark., 2003; Passam ve ark., 2005; Rauphael ve ark., 2010). Günümüzde patlıcanda aşılama ile alakalı birçok sorun çözülmüş durumdadır. Başlangıçta en önemli sorunlar arasında aşı uyumsuzluğu yer alırken, artık anaç-kalem uyumsuzluğu sorunu ortadan kalkmıştır. Türler arası melezlemelerde yakalanan başarı düzeyi sayesinde birçok stres faktörüne karşı etkili anaçlar geliştirilebilmektedir. Anaçların stres faktörlerine karşı dayanıklılık/tolerantlık özelliğinin yanında verim ve kaliteye katkıları da sorgulanmaktadır. Yakın akraba türler içinde kuvvetli kök yapısına sahip olanlar daha çok tercih edilmeye başlanmıştır. Kök absorpsiyon yeteneği yüksek olan anaçlar üzerine yapılan aşılamalarda bitkilerin daha kuvvetli geliştiği, besin elementlerinden daha fazla yararlandığı ve bunun sonucunda da verimde önemli artışlar sağlandığı değişik çalışmalar ile ortaya konmuştur (Lee, 1994; Passam ve ark., 2005; Leonardi ve Giuffrida, 2006; Wei, 2007).

Patlıcan yetiştiriciliğini sınırlayıcı faktörlerin başında toprak kökenli hastalıklar (*Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum melongenae*) ile kök ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) ve bakteriyel solgunluk (*Ralstonia solanacearum*) gelmektedir. Gerek örtü altında ve gerekse açık sahada patlıcan yetiştiriciliğinde toprak kökenli

hastalıklarla mücadelede geçmişte denenilen toprak dezenfeksiyonu yöntemleri artık yasaklanmış ve kullanılmamaktadır. Seralarda solarizasyon yeterli etki göstermediğinden tam bir çözüm sunmamaktadır. Konvansiyonel ilaçlarla toprak ilaçlaması hem maliyeti artırmakta, hem de insan ve çevre sağlığını önemli düzeyde tehdit etmektedir. Ayrıca ruhsatlarının sınırlı olması da etkisini azaltmaktadır. Bu durumda günümüz teknolojisinde iki çözüm üzerinde durulmaktadır. Bunlardan biri dayanıklı çeşit ıslahıdır. Günümüz ıslah tekniği ile *Fusarium* ve *Verticillium* solgunluğuna kesin çözüm üretecek dayanıklı çeşit geliştirme çalışmaları istenen sonucu vermemektedir. Bununla beraber ıslah çalışmaları devam etmektedir. Bu durumda tek geçerli çözüm dayanıklı çeşitler üzerine aşılama yapılmasıdır. *Solanum melongena*' da dayanıklı çeşit veya hat bulunmamasına karşın *Solanum torvum*, *S. sisymbriifolium*, *S. aethiopicum* gibi yabancı *Solanum* türlerinde dayanıklılık bulunmaktadır. Ayrıca türler arası melezlemeler ile elde edilen sınırlı sayıdaki F₁' lerde de dayanıklılık elde edilebilmektedir. *S. melongena* ile yabancı türler arasında türler arası melezler elde edilmesine rağmen bu melezlerin verim ve kalite özellikleri istenen düzeyde olmadığından anaç olarak kullanılmaları mümkün olmaktadır.

Patlıcanda aşılama ağırlıklı olarak toprak kökenli patojenlere karşı kullanılmaktadır (Alconero ve ark., 1988; Bletsos ve ark., 1998; Devi ve ark., 2015). Bunun dışında anaçların abiyotik stres faktörlerine karşı gösterdikleri tolerans, anaçların yüksek absorpsiyon yeteneği ve kuvvetli gelişmelerine bağlı olarak verim ve kalitede artış sağlaması da

aşılamanın tercih edilmesinin nedenleri arasında yer almaktadır. Bununla beraber aşılı patlıcanlarda verim artışı anaca bağlı olarak değişmektedir (Bletsos ve ark., 2003; Passam ve ark., 2005; Rauphael ve ark., 2010). Ülkemizde aşılı sebze fidesi üretimi son yıllarda hızla artış göstermektedir. 2019 yılı itibariyle yıllık yaklaşık olarak 200 milyon aşılı sebze fidesi üretilmekte olup, bunun %10' luk kısmını aşılı patlıcan fidesi oluşturmaktadır. Aşılı fide üretimi genellikle *Cucurbitaceae* (karpuz, hıyar ve kavun) ve *Solanaceae* (domates, patlıcan, biber) familyası sebzelerde yapılmaktadır. Aşılı patlıcan fidesi üretiminde anaç olarak en fazla yabancı tür olan *Solanum torvum* kullanılmaktadır. Bunun yanında *Solanum esculantum* x *Solanum hirsutum* melezi ve diğer türler arası melezler de patlıcan anaçı olarak kullanılmaktadır. Yakın akraba türler arasında *Solanum torvum* birçok hastalığa karşı dayanıklılık taşıyan önemli bir türdür (Clain ve ark., 2004; Gousset ve ark., 2005; Singh ve ark., 2006). Islah çalışmalarında *Solanum melongena* ile *S. incanum*, *S. aethiopicum* ve *S. habrochaites* türleri arasında türler arası melezler elde edilmiş ve patlıcan üretiminde başarılı anaçlar olarak kullanılmaktadır (King ve ark., 2010; Gisbert ve ark., 2011; Sabatino ve ark., 2018). Türkiye' de patlıcan yetiştiriciliğinde aşılı bitki kullanan üreticiler farklı anaçları tercih etmektedirler. Patlıcan aşılama da yabancı domates türleri veya türler arası melezleri ile yabancı patlıcan türleri veya türler arası melezleri kullanılmaktadır. Domates anaçı kullanıldığı durumlarda bitkinin ilerleyen dönemlerinde yükünün artması sonucunda yatmalar meydana gelmektedir. Bu durumda askıya alınması gerekmektedir. Dolayısıyla örtü altında domates anaçları daha çok tercih edilmektedir. Türkiye'de

açık alanda önemli düzeyde patlıcan üretimi yapılmakta olup, açık sahada aşılı bitki kullanımı yok denecek kadar düşük düzeydedir. Oysa açık sahada patlıcan yetiştiriciliğinde *Fusarium* ve *Verticillium* solgunlukları önemli düzeyde verim kayıplarına neden olmaktadır. Anaç geliştiren ıslah firmaları anaçlarının açık saha üretimi için de kullanılabileceğini belirtmektedirler. Anaçların toprak kökenli patojenlere karşı dayanıklılıklarının yanında anacın kuvvetli kök yapısı sayesinde erkencilik, verim ve kaliteye etkisi de merak konusudur. Türkiye’ de gerek ulusal firmalar tarafından geliştirilmiş gerekse yabancı orijinli patlıcan anaçları kullanılmakta olup, anaç sayısı domates ve karpuz ile karşılaştırıldığında sayıları düşük düzeydedir. Az sayıda anaca rağmen üretimde tercihler çok değişmektedir.

Türkiye ve Dünya’ da patlıcan üretimi: *Solanaceae* familyasının önemli türlerinden biri olan patlıcan (*Solanum melongena*) bitki yapısı, meyve rengi, meyve şekli, meyve büyüklüğü ve biyokimyasal özellikleri bakımından geniş bir varyasyona sahiptir. Tropik ve yarı tropik kuşaktan ılıman iklim kuşağına kadar dünyada birçok ekolojide yaygın olarak yetiştirilmektedir. Anavatanı Hindistan olan patlıcan Çin ve Hindistan’ da beşinci yüzyıldan beri yetiştirildiği ve tüketildiği bilinmektedir. Patlıcan Dünya üzerinde önce Afrika’ ya yayılmıştır. Patlıcanın Avrupa’ ya girişi ise 16. yüzyılda olmuştur. Anadoluya ise 16. ve 17. yüzyılda girmiştir (Daunay ve ark., 1991; Sihachakr ve ark., 1994; Collonnier ve ark., 2001; Kassi ve ark., 2019). Çeşitli şekillerde tüketilen patlıcan aynı zamanda tıbbi amaçla da kullanılmaktadır (Matsubara ve ark., 2005; Hussain ve ark., 2015).

Dünya’ da patlıcan üretimi Asya kıtasında yoğunlaşmıştır. Dünya toplam patlıcan üretimi 2019 yılında 1,848 milyon hektar alanda 55,198 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Toplam dünya üretiminin yaklaşık 52 milyon tonu Asya kıtasında gerçekleşmiştir. Dünya’ daki önemli patlıcan üreticisi ülkeler ve üretim alanları ve üretim miktarları Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1: Önemli Patlıcan Üreticisi Ülkeler ve Üretim Miktarları

Ülkeler	Üretim (1000 ton)	Alan (1000 ha)
Çin	35590.700	783.000
Hindistan	12680.000	727.000
Mısır	1180.240	43.820
Türkiye	822.660	23.340
İran	670.160	21.350
Endonezya	575.390	43.950
Japonya	301.700	8.650
İtalya	300.620	9.550
Filipinler	249.890	21.820
İspanya	245.150	3.470
Diğer	2581.49	162.05
Dünya Toplam	52616.51	1685.95

Kaynak: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>

Türkiye patlıcan üretiminde 2019 yılı verilerine göre 23,34 bin dekar alanda 822,6 bin ton üretim miktarı ile Dünya’da Çin, Hindistan ve Mısır’ dan sonra dördüncü sırada yer almaktadır. Türkiye patlıcan üretiminde Avrupa ülkeleri arasında ilk sırada yer almaktadır. Türkiye’ de patlıcan yetiştiriciliği ağırlıklı olarak Akdeniz Bölgesinde yoğunlaşmıştır. Akdeniz Bölgesini Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri takip etmektedir. Üretimin %44.65’ i Antalya ve Mersin illerinde gerçekleşmektedir. Bunun nedeni bu illerde kış aylarında örtü

altında patlıcan yetiştiriciliğinin yapılmasıdır. Türkiye’ de illere göre patlıcan üretim miktarları ve üretim alanları Tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 2: Türkiye’ de İllere Göre Patlıcan Üretim Alanları ve Üretim Miktarları

İller	Üretim miktarı (1000 ton)	Üretim alanı (1000 da)
Antalya	218.063	23.102
Mersin	155.671	18.273
Gaziantep	32.793	11.160
Bursa	31.055	9.333
Diyarbakır	24.907	8.478
Balıkesir	47.232	7.924
İzmir	22.131	6.993
Samsun	21.436	6.798
Manisa	16.374	6.747
Adana	33.705	5.953
Hatay	15.274	5.941
Şanlıurfa	21.950	5.735
Muğla	37.440	5.627
Karaman	15.152	4.541
Aydın	21.082	4.463
Tokat	13.550	4.065
Diğer	107.607	47.606
Toplam	835.422	182.739

Kaynak: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>

Sebzelerde aşılama: Aşılama sebze üretiminde dayanıklı anaçlar kullanılarak sürdürülebilir tarım yapmanın yollarından biridir. Aşılama tür içinde veya farklı türlerden iki bitkinin bir araya getirilerek tek bitki olarak kullanılmasını sağlayan bir tekniktir. Aşılama meyve ağaçlarında binlerce yıldır kullanılmasına karşın sebzelerde yüz yıllık bir teknik olarak kullanılmaktadır. Sebzelerde aşılama organik tarımda tarımsal kimyasallara olan bağımlılığı azaltmıştır (Rivard ve ark., 2008). Sebzelerde aşılama aynı zamanda bitki gücünü, verim ve kaliteyi artırmakta, vegetasyon süresini uzatmakta, toprak kökenli patojenler ile

mücadelede yardımcı olmakta ve abiyotik stres faktörlerine karşı toleransı artırmaktadır. Dünyada aşılama domates, biber, patlıcan, karpuz, hıyar ve son yıllarda kavunda başarıyla kullanılmakta, güçlü ve dayanıklı anaçlar sayesinde verimde önemli artışlar sağlarken, toprak kökenli hastalık ve nematotlara karşı da dayanıklılık sağlamaktadır. Bununla beraber abiyotik stres faktörlerine karşı aşılamanın etkileri konusunda çalışmalar devam etmektedir (Lee ve Oda, 2003; Chang ve ark., 2008; Buller ve ark., 2013).

Sebzelerde aşılama ilk defa 1920' lerde Japonya ve Kore' de karpuz (*Citrullus lanatus*) ve kabak (*Cucurbita moschata*) anaçları üzerine karpuz aşılanarak yapılmıştır (Leonardi, 2016). Bununla beraber Çin' de 17. yüzyılda büyük kabak meyveleri elde etmek için kabakların kendi üzerine aşılandığı belirtilmektedir (Lee ve Oda, 2003). Sebzelerde aşılamanın ticari olarak kullanılması yirminci yüzyılın başlarında başlamış, 1950' de patlıcanda, 1960' ta ise domateste aşılama başlamıştır. 1990 yılına kadar *Solanaceae* ve *Cucurbitaceae* familyası sebzelerde aşılama sürekli artmış, Kore' de %59' a, Japonya' da ise %81' e ulaşmıştır (Lee, 1994; Lee ve Oda 2003).

Sebzelerde aşılamanın başlamasının en önemli sebebi toprak kökenli hastalıklardır. Daha sonra nematotlarla mücadelede aşılama önem kazanmıştır. Sebze tarımında aşılamanın yaygınlaşması ile beraber biyotik stres faktörlerinin yanında abiyotik stres faktörlerine karşı da aşılama kullanılmaya başlanmıştır. Abiyotik stres faktörlerine karşı aşılamanın etkisinin araştırıldığı çalışmalarda düşük sıcaklık ve bakır toksisitesinde aşılamanın hıyarların düşük sıcaklığa

dayanıklılığının ve bakır toksisitesine toleransının arttığı (Rouphael ve ark., 2008), tuz stresi altında karpuzda verim artışının %81 olduğu ve bitkilerde sürgün gelişiminin daha kuvvetli olduğu (Goreta ve ark., 2008; Colla ve ark., 2010) belirlenmiştir.

Sebzelerde aşılama biyotik ve abiyotik stres faktörleri ile mücadelede önemli avantajlar sağlamanın yanında hem optimal koşullarda hem de stres koşulları altında verim ve kalite artışı da sağlamaktadır. Aşılı bitkilerde kalite artışı anacın kök sisteminden kaynaklanmaktadır (Flores ve ark, 2010; Geboloğlu ve ark., 2011). Anacın özelliğine bağlı olarak meyve şekli, meyve rengi, meyve iriliği ve meyvenin biyokimyasal yapısında artışlar meydana gelmektedir (Davis ve ark., 2008). Nicoletto ve ark. (2012), anaç üzerine aşılamanın bitkinin meyve ve sürgün kalitesinde meydana gelen artışın anaçtan kaynaklandığını belirtmektedirler. Bununla beraber aşılama özellikle anaca ve anaç/kalem uyuşmasına bağlı olarak kalitede düşümlere de neden olmaktadır. Arvanitoyannis ve ark.(2005), *Solanum torvum* ve *Solanum sisymbriifolium* türleri üzerine aşılamanın patlıcanlarda C vitamininin azaldığını, Di-Gioia ve ark. (2010) ise, domateste anaca bağlı olarak aşılamanın suda çözünür şeker miktarı ve C vitamininde azalmaya neden olduğunu belirtmektedirler.

Sebzelerde aşılama başarılı olmak için dikkat edilmesi gereken bazı kurallar vardır. Bunlardan birincisi anaç seçimidir. Aşılama yapılacak anacın özelliklerinin önceden bilinmesi gerekir. Sırf aşılı bitki elde etmek için aşılama yapılmaz. Hangi stres faktörü veya faktörlerine karşı aşılama yapılacaksa anacın o özelliklere sahip olması

gerekir. Ayrıca aşılama genellikle 2-3 gerçek yapraklı aşamada yapılır. Anaç ve kalemin aşılı birleşme yerinin aynı kalınlıkta olması veya anaçın kalemden çok az daha kalın olması gerekir. Bu durum aşılı yerinde kallus oluşumunun hızlı şekilde gerçekleşmesi için çok önemlidir. İkinci önemli husus anaç/kalem uyuşmasıdır. Anaç ile kalem arasında aşılı bölgesinde hızla kallus oluşması ve vasküler bağlantının gerçekleşmesi aşılı başarısında etkili faktörlerdendir. Aşılı uyuşması anaç/kalem akrabalığı ile de alakalıdır. Aşılı uyuşmazlığının söz konusu olduğu durumlarda genellikle aşılama kısa bir süre sonra bu durum ortaya çıkar. Ancak bazı durumlarda vegetasyon döneminin ortalarında veya sonlarına doğru da görülebilir. Aşılı başarıyı etkileyen diğer bir faktör aşılama sonrası bakım koşullarıdır. Anaç ve kalem de kallus oluşumunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Aşılı sonrası 28-29°C sıcaklık ve %95 nisbi nem koşullarında yarı gölgede 5-6 gün bekletmek gerekir. İlk 1-2 gün karanlıkta bekletmek kallus oluşumunu hızlandıracaktır (Wilson ve ark., 2012). Aşılı bakım odasında kallus oluşuktan sonra aşılı bitkilerin alıştırma ünitesine alınması gerekir. Alıştırma koşullarında sisleme yapılmalıdır. Ayrıca aşılama için kullanılacak klips, aşılı çubuğu, pens, bistüri gibi alet ve malzemelerin de uygun ve steril olmasına dikkat edilmelidir (Lee ve Oda, 2003). Sebzelerde aşılamanın yararları yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Aşılama tekniği yoğun işgücü ve uzmanlaşmış eleman gerektirmektedir. Anaç tohumlarının çimlenmesi daha yavaş gerçekleşmekte ve uzun zaman aldığından aşılama fide yetiştirme süresi uzamaktadır. Aşılama süresince ve aşılama sonrası kullanılmak üzere özel yapılara ihtiyaç duyulmaktadır. Aşılama kalem ve anaç tohumlarının maliyeti,

aşılama esnasında kayıpların oluşması, aşı ustalarına ihtiyaç duyulması ve aşı bakım koşulları gibi nedenlerle aşılı fide yetiştiriciliğinin maliyeti yükselmektedir. Günümüz koşullarında aşılı fideler aşısızlara oranla 2 ile 4 kat daha yüksek fiyatla satılmaktadır.

Sabatino ve ark. (2018), modern sebze yetiştiriciliğinde aşılamanın hastalık ve zararlılara karşı etkili bir çözüm olduğunu, verim ve kaliteyi iyileştirdiğini ve patlıcanın aşılamanın avantajlarını gösterebilen önemli bir tür olduğunu belirtmektedirler. Araştırmacılar anaç rotasyonuna ihtiyaç olduğunu ve yeni hibrit anaçların geliştirilmesi gerektiğini belirtmektedirler. Bu maksatla yürüttükleri çalışmada *S. torvum* (STO), *S. macrocarpon* (SMA), *S. aethiopicum* (accession SASI), *S. aethiopicum* (accession SASa2), *S. paniculatum* (jurubeba) (SPA) and *S. indicum* (SIN)] and Msa 2/2 E7 and 460 CAL. anaçlarının patlıcan ile aşı uyuma durumu ve anaç potansiyelini araştırmışlardır. Çalışma sonunda, aşı başarısı, verim ve kalite bakımından SPA ve the hybrids Msa 2/2 E7 ve 460 CAL. Anaçlarının oldukça üstün performans gösterdiklerini ve *S. torvum*' a alternatif olabileceklerini belirtmektedirler.

Patlıcanda aşılamanın biyotik stres faktörlerine etkisi:

Patlıcanda aşılamanın ana amacı toprak kökenli hastalıklara karşı dayanıklılık sağlamaktır. Kök çürüklüğü, *Fusarium* ve *Verticillium* solgunlukları, bakteriyel solgunluk ve nematodlar patlıcan yetiştiriciliğinde en çok zarar yapan biyotik stres faktörleridir. Özellikle münavebenin uygulanmadığı ve aralıksız bitki yetiştiriciliğinin yapıldığı seralarda toprak kökenli hastalık ve nematotlar daha fazla

etkili olmaktadır (Pogonyi ve ark., 2005). Bletsos (2006), patlıcanda aşılamanın toprak kökenli hastalıklara karşı koruyucu etkisinin olduğunu, Yılmaz ve ark. (2005), patlıcana anaç olarak *Solanum torvum*' un kullanılması durumunda *Fusarium* solgunluğu, *Verticillium* solgunluğu, bakteriyel solgunluk ve kök-ur nematotlarına karşı dayanıklılık sağladığını belirtmektedirler.

Kumbar ve ark. (2021), dünya genelinde bakteriyel solgunluğun patlıcan yetiştiriciliğini sınırlayan önemli bir toprak kökenli hastalık olduğunu belirtmektedirler. Araştırmacılar bakteriyel solgunluğa dayanıklı *S. melongena*, *S. torvum* ve *S. sisymbriifolium* türlerine ait anaçlar üzerine hassas ticari patlıcan çeşidini aşıladıkları çalışmada *S. sisymbriifolium* dışındaki anaçların bakteriyel solgunluğa karşı yüksek düzeyde dayanıklılık sağladığını, aşılamanın bakteriyel solgunluğu etkili şekilde kontrol ettiğini verimi artırdığını belirtmektedirler.

Domates ve patlıcanda tropik ve subtropik bölgelerde bakteriyel solgunluğun ekonomik olarak en önemli hastalıklardan biri olduğunu belirten Manickam ve ark. (2021), dayanıklı anaçlar üzerine aşılamanın toprak kökenli bakterilere karşı alternatif ve etkili bir çözüm olduğunu belirtmektedirler. Araştırmacılar World Vegetable Center' dan temin ettikleri 5 patlıcan aksesyonunu (VI041809A, VI041943, VI041945, VI041979A, ve VI041984) bakteriyel solgunluğuna karşı domatese anaç olarak denemişler ve hastalık indeksinin çok düşük olduğunu (%0-20), verimin aşısız bitkilere oranla arttığını ancak meyve kalitesinin değişmediğini belirlemişlerdir. Johson ve ark. (2014), patlıcanda

Beaufort ve *S. aethiopicum* L. anaçları üzerine aşılama yaparak aşılı bitkilerin *Verticillium* solgunluğu ile bulaşık toprakta verim ve hastalık direncini incelemiştir. Araştırmacılar aşılı bitkilerde *Verticillium* solgunluğundan kaynaklanan ölümlerin daha düşük olduğunu, Beaufort anacı üzerine aşılama patlıcanların verimlerinin aşısız, kendi üzerine aşılı ve *S. aethiopicum* üzerine aşılı bitkilere göre daha yüksek olduğunu ve Beaufort anacının *Verticillium* solgunluğu ile mücadelede üstün anaç olduğunu belirtmektedirler.

Patlıcanda aşılamanın abiyotik stres faktörlerine etkisi:

Patlıcanda gerek açıkta gerekse örtü altında yapılan yetiştiriciliklerde abiyotik stres faktörleri yetiştiriciliği olumsuz olarak etkilemektedir. Abiyotik stres faktörleri arasında toprak ve sulama suyu tuzluluğu, kuraklık, toprak pH' sının yüksek olması, düşük ve yüksek toprak ve hava sıcaklıkları, yüksek toprak nemi, besin elementi alımının yetersiz olması ve ağır metal kontaminasyonları patlıcanda verim, kalite ve bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemekte ve fizyolojik bozukluklara neden olmaktadır. Patlıcanda *Solanum melongena* ve yakın akraba türlerde abiyotik stres faktörlerine karşı yüksek tolerans sağlayan genotipler olduğu bilinmektedir. Patlıcan üzerine aşılama domatesler aşırı nemli koşullarda uzun süre canlılıklarını devam ettirmekte, verim ve kalite uzun süre korunmaktadır. Aroa ve ark. (2008), Japonya' da patlıcanların yaklaşık %7' sinde kadmium kontaminasyonu tespit edildiğini ve kadmium birikiminin sebze meyvelerinde kabul edilebilir sınırın üzerinde olduğunu, *Solanum torvum* üzerine aşılama patlıcanların meyvelerinde kadmium birikiminin %67-73 düzeyinde

azaldığını belirtmektedirler. Wei ve ark. (2007), *Solanum torvum* üzerine aşılamanın patlıcanların tuzlu koşullarda verim ve kalitelerinin aşısız bitkilere göre daha iyi olduğunu belirtmektedirler.

Patlıcanda kadmium kontaminasyonunun tarım alanlarında önemli bir sorun olduğunu ve aşılamanın kadmium birikimine etkisini araştıran Yuan ve ark. (2019), *Solanum torvum* anacı üzerine aşıladıkları patlıcanlarda kadmium miktarının aşısızlara göre %89 azaldığını belirtmektedirler. Ayrıca Cui ve ark. (2021), kadmiyumla kontamine olmuş toprakta patlıcan bitkisi aşılı olarak yetiştirildiğinde yaprak meyvedeki kadmiyum birikimi sırasıyla %65.21 ve %81.48 oranında azalttığını bildirmektedirler. Kurak ve yarı kurak bölgelerde sulama sularındaki kayıplar nedeniyle üreticilerin tarımsal sulamada tuzlu suları kullanmak zorunda kalacaklarını ve bu nedenle tuza tolerant bitkilere ihtiyaç olduğunu belirten Semiz ve Suarez (2015), patlıcanı Maxifort anacı üzerine aşılamaşlar ve verim, tuza tolerant ve iyon birikimini incelemişlerdir. Araştırmacılar tuz stresi altında yetişen aşılı bitkiler ile aşısız bitkiler arasında meyve verimi bakımından önemli bir farkın olmadığını, Cl^- iyon toksisitesinin verim üzerinde etkisinin olmadığını ve anacın Na alımını azaltırken, Ca ve K alımını artırdığını belirlemişlerdir.

Patlıcanda aşılamanın verim ve kalite özelliklerine etkisi:

Patlıcanda aşılamanın meyve verimi ve meyve kalite özelliklerine etkisi konusunda yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar açıklanmaktadır. Aşılama kullanılan anacın kök gelişme kuvveti, su ve besin elementi absorpsiyon yeteneğinin yüksek olması gibi avantajların aşılamanın

bitkinin verim ve kalitesine de yansıdığı belirtilmektedir. Ancak bu konuda farklı görüşler de öne sürülmekte, verim ve kalitenin anaca göre değiştiği ileri sürülmektedir.

Sabatino ve ark. (2018), modern sebze yetiştiriciliğinde aşılamanın hastalık ve zararlılara karşı etkili bir çözüm olduğunu, verim ve kaliteyi iyileştirdiğini ve patlıcanın aşılamanın avantajlarını gösterebilen önemli bir tür olduğunu belirtmektedirler. Araştırmacılar anaç rotasyonuna ihtiyaç olduğunu ve yeni hibrit anaçların geliştirilmesi gerektiğini belirtmektedirler. Bu maksatla yürüttükleri çalışmada *S. torvum*, *S. macrocarpon*, *S. aethiopicum*, *S. paniculatum* ve *S. indicum* anaçlarının patlıcan ile aşı uyuma durumu ve anaç potansiyelini araştırmışlardır. Çalışma sonunda, aşı başarısı, verim ve kalite bakımından anaçların oldukça üstün performans gösterdiklerini belirtmektedirler.

Moncada ve ark. (2013), patlıcan yetiştiriciliğinde aşılamanın yoğun ve sürekli yetiştiriciliğin getirdiği olumsuz etkileri ortadan kaldırmada kimyasal olmayan alternatif sunduğunu, patlıcanda aşı anacı olarak kuvvetli gelişme, aşı uyumu ve solgunluk hastalıklarına dayanıklılıkta üstün performans gösteren *S. torvum*' un kullanıldığını ancak bu anacın verim ve kalite üzerine etkilerinin yeterince araştırılmadığını belirtmektedirler. Araştırmacılar buradan hareketle *S. torvum* anacı üzerine 4 patlıcan çeşidini aşılamışlar ve toprak solarizasyonu yapılmış serada yetiştirmişlerdir. Çalışmada pazarlanabilir verimin çeşitlere göre farklılık göstermekle beraber genel olarak aşılama ile artmadığı, meyve kalite özelliklerinin aşılama ile

değişmezken çeşide bağlı olarak değiştiği ve ıskarta verimin arttığı belirlenmiştir. Araştırmacılar *S. torvum* anacının verim ve bitki gelişiminde pozitif bir fark ortaya koymamasını toprak solarizasyonuna bağlamışlardır.

Sabatino ve ark. (2016), *S. torvum* anacı üzerine yerel genotipleri aşıladıkları çalışmada aşılamanın toplam verim, pazarlanabilir verim ve meyve sayısında önemli düzeyde artış sağladığını, ancak ortalama meyve ağırlığının değişmediğini belirtmektedirler. Araştırmacılar aşılama ile meyvede antioksidant içeriğinin de arttığını bildirmektedirler. Sabatino ve ark. (2019), patlıcanda aşılamanın genelde biyotik stres faktörlerine karşı kullanıldığını, bunun yanında anaçların verim, kalite ve bitki gelişimine etkilerinin de önemli olduğunu belirtmektedirler. Araştırmacılar, *S. torvum*' a alternatif anaçlar üzerinde yürüttükleri çalışmada *S. aethiopicum gr. gilo* ve türler arası melez olarak *S. melongena* × *S. aethiopicum gr. gilo* kullanmışlar, *S. torvum* ve diğer anaçların verim ve bitki gelişimini önemli düzeyde arttırdığını, meyve kalite özelliklerinde bir bozulma olmadığını, glycoalkaloids miktarının güvenli sınırların altında kaldığını ve *S. melongena* × *S. aethiopicum gr. gilo* türler arası melezinin patlıcanda yaygın olarak kullanılan *S. torvum* anacına alternatif olabileceğini belirtmektedirler.

Patlıcanda domates ve patlıcan anaçları üzerine aşılamanın verim ve kaliteye etkisini araştıran Mozafarian ve ark. (2020), domates anacı olarak Optifort (O) ve Emperador (E), patlıcan anacı olarak *Solanum grandiflorum* × *Solanum melongena* (SH), *Solanum torvum* (ST), *Solanum melongena* × *Solanum integrifolium* (SI), ve *Solanum*

integrifolium (A) kullanmışlardır. Araştırmacılar aşısız bitkilerde toplam verimin 1.65 kg/bitki olurken, *Solanum torvum* üzerine aşılamanın patlıcanlarda toplam verimin 3.94 kg/bitki'ye ulaştığını, aşılamanın verimde önemli düzeyde artış sağladığını, kalite üzerine ise belirgin bir etkisinin olmadığını veya çok az bir etkinin olduğunu belirtmektedirler.

Patlıcanda anaç adayları bazı dayanıklı yabancı türleri aşılama deneyen Sudesh ve ark. (2021), *Solanum torvum*, *Solanum macrocarpon* ve *Solanum indicum* aksesyonları üzerine aşılama yaparak aşı uyuma durumu ve verime etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, tohum çimlenmesinin *Solanum torvum*' da 16.25 gün, *Solanum macrocarpon*' da 10.75 gün, *Solanum indicum*' da 11.51 gün sürdüğünü, kalem olarak kullandıkları ticari çeşitlerde ise tohum çimlenme sürelerinin 4.25 ile 5.5 gün arasında değiştiğini, benzer durumun aşya gelme süreleri için de geçerli olduğunu ve *Solanum* türlerinin aşya gelme sürelerinin kültür çeşitlerine göre daha uzun sürdüğünü, bu durumun aşılama dikkate alınması gerektiğini belirtmektedirler. Araştırmacılar *Solanum torvum* üzerine yapılan aşılamaalarda meyve veriminin maksimum düzeye ulaştığını (61.11 ton/ha), kontrol bitkilerinde ise verimin 37.64 ton/ha olduğunu ve en etkili anacın *Solanum torvum* olduğunu bildirmektedirler.

Patlıcanda aşılama üzerine yapılmış çalışmalarını derleyen ve aşılamanın mevcut durumu ile son gelişmeleri inceleyen Boyacı ve Ellialtioglu (2020), biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı çok yönlü dayanım sağlaması nedeniyle *Solanum torvum*' un günümüzde de en önemli patlıcan anacı olduğunu, tohum çimlenmesinde yaşanan

dormansinin çözülmesi gereken en önemli problem olduğunu ve multi dayanıma sahip, kolay çoğaltılabilen, patlıcanın verim ve kalitesinde artışlar sağlayacak ve aşı başarısı yüksek yeni anaçlara ihtiyaç olduğunu bildirmektedirler. Black Beauty ticari patlıcan çeşidini türler arası melezlerden *S. melongena* x *Solanum incanum* L. ve *S. melongena* x *Solanum aethiopicum* L. ile *Solanum torvum* Sw. ve *Solanum macrocarpon* L. üzerine aşılamanın Gisbert ve ark. (2011), aşılı bitkileri kök-ur nematodu ile bulaşık toprakta yetiştirmişlerdir. Araştırmacılar *S. incanum* x *S. melongena* ve *S. melongena* x *S. aethiopicum* türler arası melezlerin tohum çimlenme oranlarının %90' dan yüksek ve aşı başarısının %100 olduğunu, *S. incanum* x *S. melongena* melez anacını üzerine aşılamanın bitkilerde ölüm gerçekleşmediği ve aşılı bitkilerin gelişme kuvveti, verim ve erkenciliğinin çok iyi olduğunu, meyve kalitesinde bir eksilme olmadığını ve türler arası melezlerin patlıcanda anaç olarak *S. torvum*' a alternatif olabileceğini belirtmektedirler.

1. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü' nde yanları insect net ile kapalı, üstü %50 gölge tülü ile kapatılmış tül serada yürütülmüştür. Bitkiler topraksız tarım koşullarında yetiştirilmiştir. Bitkilerin yetiştiriciliğinde 75 cm uzunluğunda 25 litre hacimli saksılar ve yetiştirme ortamı olarak 1:1 oranında torf +perlit karışımı kullanılmıştır.

1.1. Materyal

Aşılamada kalem çeşit olarak Türkiye' de açık saha ve örtü altında en çok yetiştiriciliği yapılan Anamur RZ F1 (10-704) (Rijk

Zwaan) ve A117 F₁ (Vilmorin Anadolu Tohumculuk Sebze Tohumları) çeşitleri kullanılmıştır. Denemede 5 farklı ıslah firmasından temin edilen 8 anaç kullanılmıştır. Anaçlar, ıslah firmaları ve firma tarafından beyan edilen özellikleri Tablo 3’ de verilmiştir.

1.2. Yöntem

Denemede 8 anaç üzerine 2 ticari çeşit aşılannmıştır. Ayrıca anaçların etkilerini karşılaştırabilmek için ticari çeşitler aşısız ve kendi üzerine aşılannarak (selfgrafted) kontrol uygulaması olarak kullanılmıştır. Böylece denemede her patojen için 10 aşı kombinasyonu denenmiştir. Bitkiler yanları insect net, üstü %50 gölge tülü ile kaplı serada topraksız tarım koşullarında yetiştirilmiştir. Bitkiler 25 litre hacimli ve 75 cm uzunlukta saksılarda ve her saksıya 3 bitki olacak şekilde dikilmiştir. Yetiştirme ortamı olarak 1:1 oranında torf+perlit karışımı kullanılmıştır. Bitkilerin gübrelenmesinde Schwarz (2012) modifiye edilerek uygulanmıştır. Bitkilerin aşılannması United Genetics Turkey firmasının Samsun/Bafra’ daki aşılı fide üretim tesisinde yapılmıştır. Aşılama slunt-cut aşı tekniği kullanılmıştır. Aşılannan bitkilerin dikimleri 15 Haziran 2020 tarihinde yapılmıştır.

Tablo 3: Denemede Kullanılan Anaçlar, Üretim Firmaları ve Özellikleri

Anaç Adı	Firması*	Kökene	Özellikleri
Hawk	Vilmorin	<i>Solanum torvum</i>	Kök-ur nematoduna dayanıklı, kuvvetli gelişme
Hercules	UG	<i>Solanum torvum</i>	<i>Verticillium</i> solgunluğuna dayanıklı, <i>Fusarium</i> solgunluğuna tolerant.
Hikyaku	UG	<i>Solanum torvum</i>	<i>Verticillium</i> solgunluğuna dayanıklı, <i>Fusarium</i> solgunluğuna tolerant, soğuk koşullarda kuvvetli gelişme, üniform çimlenme.
Köksal F ₁	YT	<i>S.melongena x S. incanum</i>	<i>Fusarium</i> ve <i>Verticillium</i> solgunluklarına yüksek dayanım, sera ve açık saha yetiştiriciliğine uygun, kuvvetli gelişme.

Boğaç	YT	Firma bilgisi yok.	Fusarium solgunluğuna yüksek dayanım, <i>Verticillium</i> solgunluğu ve kök-ur nematoduna tolerant, sera ve açık saha yetiştiriciliğine uygun, kuvvetli gelişme.
Conan	RZ	Firma bilgisi yok.	Firma tarafından anaç hakkında bilgi verilmemiştir.
KingKong	RZ	<i>S. lycopersicum</i> x <i>S.habrochaites</i>	ToMV, <i>Fusarium</i> ve <i>Verticillium</i> solgunluklarına yüksek dayanım, kök-ur nematotlarına tolerant, yüksek verim, soğuk toleranslı, kuvvetli gelişme.
Anafor	EZ	Firma bilgisi yok.	Firma tarafından anaç hakkında bilgi verilmemiştir.

*UG: United Genetics Turkey; YT: Yüksel Tohum; RZ: Rijk Zwaan; EZ: Enza Zaden

1.3. Gözlemler

Pazarlanabilir verim: Deneme süresince her hasatta meyveler pazarlanabilir ve ıskarta olarak ayrılmıştır. Pazarlanabilir özelliğe sahip meyveler sayılmış ve daha sonra 1 gram hassasiyete sahip terazide tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir. Pazarlanabilir verim bitki başına meyve sayısı ve kg olarak hesaplanmıştır.

Erkenci verim: Çalışmada hasatlar başladıktan sonra 30 gün boyunca hasat edilen meyvelerin bitki başına düşen sayı ve ağırlıkları erkenci verim olarak kaydedilmiştir.

Iskarta verim: Hasatlarda kıvrılmış, fizyolojik bozukluk gösteren, renk açılması olan, büyümesini devam ettiremeyen veya şekilsiz büyüyen ve sertleşen meyveler ıskarta ürün olarak değerlendirilmiştir. Iskarta verim bitki başına meyve sayısı meyve ağırlığı (kg) olarak kaydedilmiştir.

Ortalama meyve ağırlığı: Her hasatta toplanan ve pazarlanabilir değeri olan meyveler tartıldıktan sonra meyve sayısına bölünerek

ortalama meyve ağırlığı hesaplanmıştır. Meyve ağırlıkları her hasatta hesaplanmış ve deneme sonunda hasatlar birleştirilerek ortalaması alınmıştır.

Meyve kuru ağırlığı (%): Hasatlar başladıktan sonra 2. 3. ve 4. hasatlarda parseldeki her bitkiden ikişer meyve alınmış ve tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Yaş ağırlıkları belirlenen meyveler etüvde 70°C' de ağırlıkları sabitleninceye kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları tartılmıştır. Meyvelerin % kuru ağırlıkları $KA = (Kuru\ Ağırlık \times 100) / Yaş\ Ağırlık$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Meyve pH değeri: Üçüncü ve dördüncü hasatlarda ölçüm ve tartımlardan sonra analiz için her bitkiden ikişer meyve analizler için ayrılmıştır. Meyve örnekleri katı meyve sıkacağından geçirilerek suyu alınmış, filtre edildikten hemen sonra masa tipi Hanna 211 model pH metre ile meyvelerin pH değerleri ölçülmüştür.

Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) (%): Üçüncü ve dördüncü hasatlarda ölçüm ve tartımlardan sonra analiz için her bitkiden ikişer meyve analiz için ayrılmıştır. Meyve örnekleri katı meyve sıkacağından geçirilerek suyu alınmış, filtre edildikten hemen sonra SÇKM okuması yapılmıştır. Meyvelerin suda çözünebilir kuru madde miktarlarının ölçümünde Hanna HI96801 dijital refraktometre kullanılmıştır (Briks değeri 24°C) (Cemeroğlu, 2007).

Titre edilebilir asit miktarı (g/100g): Üçüncü ve dördüncü hasatlarda ölçüm ve tartımlardan sonra analiz için her bitkiden ikişer meyve ayrılmıştır. Meyvelerin suyu çıkarıldıktan sonra filtre edilmiş ve

her parsel için meyve suyundan 10 ml alınmıştır. Alınan örnekler 0.1 N NaOH çözeltisi ile pH 8.1 oluncaya kadar titre edilmiştir. Sonuçlar malik asit cinsinden g/100 g olarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2007).

Verilerin Analizi: Denemede elde edilen verilerin analizinde SPSS 20 istatistik programından yararlanılmıştır. Uygulamalardan elde edilen verilerin karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan (0.05) testi kullanılmıştır.

2. BULGULAR

2.1. Aşılamanın Erkenci Verime Etkisi

Denemede anaçların erkenci verime etkilerinde anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Erkenci verimleri yüksek anaç/kalem kombinasyonları görülürken, bu fark aşısız kontrol bitkilerinden belirgin düzeyde yüksek çıkmamıştır. Bunun yanında aşısız kontrol uygulamasından düşük performans gösteren anaç/kalem kombinasyonları da belirlenmiştir. Kontrol grubunda kendi üzerine aşılamada erkenci verim en düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Anamur çeşidinde erkenci meyve sayısı 5.09 adet/bitki (Boğaç) ile 12.93 adet/bitki (aşısız kontrol bitkileri ve Hikyaku) arasında, A117 çeşidinde ise 5.49 adet/bitki (kendi üzerine aşılı) ile 12.14 adet/bitki (Herkules) arasında değişmiş, uygulamalar arasındaki farklılıklar Anamur çeşidinde $P \leq 0.001$, A117 çeşidinde $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli çıkmıştır. Bitki başına erkenci verim değerleri Anamur çeşidinde 0.85 kg/bitki (Boğaç) ile 2.51 kg/bitki (Hawk) arasında, A117 çeşidinde ise 0.86 kg/bitki (kendi üzerine aşılı) ile 2.18 kg/bitki (Hikyaku) arasında değişmiştir. Erkenci verim

bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak ta önemli çıkmıştır ($P \leq 0.05$). Uygulamalara göre erkenci verim değerleri Tablo 4’ te verilmiştir.

Tablo 4: Aşı Kombinasyonlarına Göre Erkenci Verim

Anaçlar	Sayı (Adet/bitki)		Ağırlık (Kg/bitki)	
	Anamur	A117	Anamur	A117
Hawk	11.75 abc	7.25 bc	2.51 a	1.56 abc
Köksal	7.05 ef	8.03 bc	1.15 de	1.34 bcd
Boğaç	5.09 f	8.62 abc	0.85 e	1.59 abc
Anafor	10.18 cd	6.07 c	1.91 abc	1.06 cd
Hikyaku	12.93 a	11.16 ab	2.34 ab	2.18 a
Herkules	9.21 d	12.14 a	1.89 bc	1.88ab
Kingkong	12.34 ab	8.62 abc	2.30 ab	1.32 bcd
Conan	10.38 bcd	9.40 abc	1.94 abc	1.50 ad
Selfgrafted	8.81 de	5.49 c	1.60 cd	0.86 d
Aşısız	12.93 a	10.97 ab	2.03 abc	2.11 a
P Değeri	***	*	**	**

*: Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir.

** : Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir.

***: Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0.001$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir.

2.2. Aşılamanın Pazarlanabilir Verime Etkisi

Patlıcanda aşılamanın biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı koruyucu etkilerinin yanında anaçların kuvvetli kök yapıları ve absorpsiyon yetenekleri sayesinde verim bitki gelişimine de olumlu etkileri olduğu bilinmektedir. Denemede steril koşullarda anaçların pazarlanabilir verime etkileri incelenmiş ve anaçlara bağlı olarak değişmekle beraber genelde kayda değer bir artış görülmemiştir.

Denemede pazarlanabilir meyve sayıları Anamur çeşidinde 21.61 adet/bitki (Köksal) ile 31.65 adet/bitki (Aşısız kontrol bitkileri) arasında, A117 çeşidinde ise 17.73 adet/bitki (Anafor) ile 29.27 adet/bitki (aşısız kontrol bitkileri) arasında değişmiştir. Görüldüğü gibi

steril koşullarda en yüksek meyve sayıları aşısız kontrol bitkilerinden elde edilmiştir. Meyve sayıları bakımından uygulamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemli çıkmıştır ($P \leq 0.001$). Pazarlanabilir meyve sayılarındaki sonuçların benzeri pazarlanabilir verimde de elde edilmiştir. Özellikle aşısız kontrol bitkileri ile en iyi performansı gösteren anaçlar arasında fark önemli bulunmamıştır. Çalışmada pazarlanabilir verim Anamur çeşidinde 3.68 kg/bitki (Köksal) ile 5.76 kg/bitki (Kingkong) arasında, A117 çeşidinde ise 3.30 kg/bitki (Anaför) ile 5.20 kg/bitki (Hawk) arasında değişmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli çıkmıştır ($P \leq 0.001$). Uygulamalara bağlı olarak pazarlanabilir meyve sayıları ve pazarlanabilir verim değerleri Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5: Aşı Kombinasyonlarına Göre Pazarlanabilir Verim Parametreleri

Anaçlar	Meyve Sayısı (Adet/bitki)		Meyve Verimi (Kg/bitki)		Ort. Meyve Ağ. (g)	
	Anamur	A117	Anamur	A117	Anamur	A117
Hawk	28.05 bc	25.59 ab	5.32 ab	5.20 a	190.34 a	203.61
Köksal	21.61 d	20.36 cd	3.68 d	3.71 ef	170.41 b-e	184.06
Boğaç	22.04 d	22.76 bc	4.00 d	4.26 cd	181.67 abc	186.76
Anaför	26.83 c	17.73 d	5.06 ab	3.30 f	188.93 ab	186.47
Hikyaku	30.91 ab	28.27 a	5.12 ab	4.81 ab	165.85 cde	170.89
Herkules	24.69 cd	26.83 ab	4.14 cd	4.35 bcd	167.54 cde	162.02
Kingkong	31.62 a	25.39 ab	5.76 a	4.34 bcd	182.26 abc	170.82
Conan	26.86 c	23.72 bc	4.15 cd	3.97 de	152.44 e	167.21
Selfgrafted	26.74 c	25.66 ab	4.81 bc	4.52 bc	179.95 a-d	179.70
Aşısız	31.65 a	29.27 a	5.11 ab	5.08 a	161.86 de	173.87
P Değeri	***	***	***	***	**	öd

ö.d.: Uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu gösterir.

** : Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir.

***: Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0.001$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir.

2.3. Aşılamanın İskarta Verime Etkisi

Patlıcanda özellikle çevresel koşullar meyve dış kalitesini etkilemekte, şekil bozuklukları veya meyve kalitesinde kayıplar meydana gelmektedir. Çalışmada aşılamanın ıskarta meyve oluşumuna etkisi incelenmiş ve bu etkinin anaç/kalem kombinasyonlarına bağlı olarak değiştiği görülmüştür (Tablo 6).

Tablo 6: Aşılamanın İskarta Verime Etkisi

Anaçlar	Sayı (Adet/bitki)		Ağırlık (Kg/bitki)	
	Anamur	A117	Anamur	A117
Hawk	1.67 bcd	3.67	0.23 bcd	0.81
Köksal	2.00 a-d	1.67	0.35 a-d	0.25
Boğaç	1.00 cd	2.67	0.19 bcd	0.45
Anafor	1.67 bcd	1.33	0.29 a-g	0.20
Hikyaku	4.00 a	3.00	0.59 ab	0.46
Herkules	3.67 ab	0.67	0.63 a	0.09
Kingkong	0.00 d	3.33	0.00 d	0.52
Conan	2.67 abc	3.33	0.45 abc	0.53
Selfgrafted	3.00 abc	1.00	0.62 a	0.16
Aşısız	1.33 cd	3.00	0.21 bcd	0.49
P Değeri	**	öd	*	öd

ö.d.: Uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu gösterir.

*: Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir.

** : Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir.

Anamur çeşidinde anaçlara bağlı olarak ıskarta verim değerleri arasındaki farklılıklar önemli çıkarken, A117 çeşidinde bu farklılıklar önemli bulunmamıştır. İskarta meyve sayıları Anamur çeşidinde 1.33 adet/bitki (aşısız kontrol bitkileri) ile 4.00 adet/bitki (Hikyaku) arasında, A117 çeşidinde 0.67 adet/bitki (Herkules) ile 3.67 adet/bitki (Hawk) arasında değişmiştir. Uygulamalara bağlı olarak ıskarta verim ise Anamur çeşidinde 0.16 kg/bitki (Boğaç) ile 0.63 kg/bitki (Herkules) arasında, A117 çeşidinde 0.09 kg/bitki (Herkules) ile 0.81 kg/bitki

(Hawk) arasında değişmiştir (Tablo 6). Kingkong/Anamur aşısı kombinasyonunda ıskarta ürün çıkmamıştır.

2.4. Aşısı Kombinasyonlarının Meyve Kalite Özelliklerine Etkileri

Kuru ağırlık meyvede kuru madde birikimi ile doğrudan ilişkilidir. Denemede farklı anaçlar üzerine aşılamanın meyvenin kuru ağırlığına etkisi araştırılmış, her iki çeşitte de Köksal/A117 aşısı kombinasyonu dışında aşısız kontrol bitkilerinin kuru ağırlığı anaçlara göre daha yüksek çıkmıştır. Kuru ağırlık değerleri Anamur çeşidinde %7.82 (Anaför) ile %10.46 (aşısız kontrol bitkileri) arasında, A117 çeşidinde ise %6.48 (Boğaç) ile %9.47 (Köksal) arasında değişmiştir. Anaç/Anamur aşısı kombinasyonları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli çıkmazken, Anaç/A117 aşısı kombinasyonları arasındaki farklılıklar $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli çıkmıştır. Aşısı kombinasyonlarının kuru ağırlığa etkileri Tablo 7’de verilmiştir.

Denemede meyve suyunun pH değerleri bakımından aşısı kombinasyonları arasında anlamlı bir ilişki bulunmamış, Anaç/Anamur ve Anaç/ A117 aşısı kombinasyonları arasında pH değerlerinde önemli farklar ortaya çıkmamıştır. Anamur çeşidinde pH değerleri 5.23 (Herkules) ile 5.60 (Anaför) arasında, A117 çeşidinde 5.33 (Conan) ile 5.73 (Kingkong) arasında değişmiştir (Tablo 7).

Tablo 7: Aşı Kombinasyonlarının Kuru Ağırlık ve pH Üzerine Etkisi

Anaçlar	Kuru Ağırlık (%)			pH	
	Anamur	A117		Anamur	A117
Hawk	10.05	8.75	abc	5.53	5.57
Köksal	9.01	9.47	a	5.50	5.57
Boğaç	8.87	6.48	d	5.53	5.67
Anafor	7.82	9.11	ab	5.60	5.60
Hikyaku	8.99	7.63	bcd	5.43	5.47
Herkules	9.46	8.35	abc	5.23	5.47
Kingkong	9.63	7.01	cd	5.57	5.73
Conan	9.93	7.85	a-d	5.43	5.33
Selfgrafted	10.07	7.56	bcd	5.43	5.37
Aşısız	10.46	9.43	a	5.47	5.37
P Değeri	öd	*		öd	öd

ö.d.: Uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu gösterir.

*: Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir.

Patlıcanda merak edilen ve üzerinde çalışılan konulardan biri de aşılamanın meyvelerde SÇKM üzerine etkisinin olup olmadığıdır. Denemede Herkules/A117 aşı kombinasyonu dışında diğer aşı uygulamalarında SÇKM miktarı aşısız kontrol uygulamasından düşük çıkmıştır. Anamur çeşidinde SÇKM miktarı %4.87 (Kingkong) ile %7.27 (aşısız kontrol bitkileri) arasında, A117 çeşidinde ise %4.93 (kendi üzerine aşı) ile %7.10 (Herkules) arasında değişmiştir. SÇKM miktarı bakımından bazı anaçlar ile kontrol bitkileri arasında fark önemsiz çıkmıştır. Anaçlar arasındaki SÇKM farklılıkları Anamur çeşidinde $P \leq 0.001$ düzeyinde, A117 çeşidinde ise çeşidinde $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Aşı kombinasyonlarının meyve suyunda SÇKM üzerine etkileri Tablo 8’ de verilmiştir. Çalışmada titrasyon asitliği aşı kombinasyonlarından etkilenmemiştir. Titre edilebilir asit miktarı Anamur çeşidinde 0.102 mg/100g (Kingkong) ile 0.131 mg/100 g (Köksal) arasında, A117 çeşidinde ise 0.106 mg/100 g

(Conan) ile 0.123 mg/100 g (Hawk) arasında değişmiştir (Tablo 8). İstatistiksel olarak fark çıkmamasına karşın bazı anaçların titre edilebilir asit miktarına etkileri kontrol bitkilerine göre daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 8: Aşılamanın SÇKM ve Titrasyon Asitliği (TA) Üzerine Etkisi

Anaçlar	SÇKM (%)		TA (mg/100 g)	
	Anamur	A117	Anamur	A117
Hawk	6.77 ab	5.97 bc	0.121	0.123
Köksal	6.37 bc	5.70 bc	0.131	0.112
Boğaç	5.50 de	5.37 bc	0.103	0.110
Anafor	5.37 de	5.40 bc	0.106	0.108
Hikyaku	5.90 cd	5.77 bc	0.113	0.107
Herkules	6.00 bc	7.10 a	0.115	0.115
Kingkong	4.87 e	5.23 bc	0.102	0.112
Conan	7.20 a	5.90 bc	0.119	0.106
Selfgrafted	6.73 ab	4.93 c	0.118	0.121
Aşısız	7.27 a	6.20 ab	0.123	0.118
P Değeri	***	*	öd	öd

ö.d.: Uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu gösterir.

*: Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir.

***: Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0.001$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir.

3. SONUÇ ve TARTIŞMA

Patlıcanda meyve kalite özellikleri önemli faktörlerdendir. Araştırmalarda aşılamanın meyve kalitesine etkisi merak konusudur. Çalışmada meyve kalite özelliklerinden kuru ağırlık, titrasyon asitliği, pH ve suda çözünebilir kuru madde miktarının ($^{\circ}$ Brix) aşılama ve anaçlara göre değişip değişmediği incelenmiştir. Denemede Anamur çeşidinin kuru ağırlığı üzerine anaçların etkisi önemli çıkmazken, A117 çeşidinde uygulamalar arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Patlıcanda meyve kuru ağırlığı üzerine aşılamanın etkisini araştıran

Moncada ve ark. (2013)' te benzer sonuçlara ulaşmış, *S.torvum* üzerine aşıladıkları patlıcanlarda meyve kuru madde miktarının aşılamadan etkilendiğini, Birgah çeşidinde kuru madde miktarının arttığını, Black Bell, Black Moon ve Longo çeşitlerinde ise aşılamanın kuru madde miktarına etki etmediğini belirlemişlerdir. Patlıcanda aşılamanın meyve kuru ağırlığına etkisini araştıran Sabatino ve ark. (2018), Gisbert ve ark. (2011), Ndereyimana ve ark. (2013) ve Khah (2011), domates ve patlıcan anaçları üzerine aşıladıkları patlıcanlarda meyve kuru ağırlığının hem kontrol bitkilerine göre, ham de anaçlara göre değişmediğini belirtmektedirler.

Patlıcanlarda aşılamanın titrasyon asitliğine etkisi konusunda literatürde yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bizim çalışmamızda Anamur F₁ ve A117 F₁ patlıcan çeşitlerinin meyvelerinde titrasyon asitliği miktarı aşılamadan etkilenmemiştir. Aynı zamanda anaçlar arasında da bir fark elde edilmemiştir. Patlıcanda aşılamanın meyve titrasyon asitliğine etkisini araştıran Khah (2011), domates anaçları üzerine aşılanan patlıcanlarda titrasyon asitliğinin değişmediğini belirtmektedir. Titrasyon asitliğine benzer şekilde aşılamanın patlıcan meyvelerinde pH üzerine etkisini araştıran az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bizim çalışmamızda aşılama pH üzerine etkili çıkmamıştır. Ayrıca, anaçlar arasında da bir fark elde edilmemiştir. Aşılamanın patlıcan meyvelerinde pH üzerine etkisini araştıran Mozafarian ve ark. (2020) ile domates anacı üzerine aşıladıkları patlıcan meyvelerinde pH değişimini inceleyen Khah (2011) patlıcan meyvelerinde pH değerinin aşılama ile değişmediğini belirlemişlerdir.

Suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) patlıcan meyvelerinde önemli kalite özelliklerinden biridir. Aşılamanın patlıcan meyvelerinde SÇKM üzerine etki edip etmediği değişik çalışmalarda incelenmiş ve elde edilen sonuçlar birbirine benzer çıkmıştır. Bizim denememizde patlıcan meyvelerinde SÇKM miktarının aşılamaya bağlı olarak değiştiği, aşısız bitkilerde SÇKM miktarının daha yüksek olduğu, bazı anaçlarda aşısız bitkilere yakın sonuçlar elde edilirken, kendi üzerine aşılamanın bitkilerde ve aşılama kullanılan anaçların çoğunda SÇKM miktarının azaldığı görülmüştür. Patlıcanda aşılamanın meyvede SÇKM üzerine etkisini inceleyen ve bizim çalışmamıza yakın sonuçlar elde eden Sabatino ve ark. (2018), değişik Solanum türleri üzerine aşıladıkları patlıcanlarda SÇKM miktarının aşılamaya bağlı olarak değiştiğini, genelde aşılı bitkilerde SÇKM miktarının arttığını, ancak bazı anaçlarda SÇKM miktarının kontrol bitkilerine göre daha düşük çıktığını, Mozafarian ve ark. (2020) ise sera koşullarında toprakta yürüttükleri çalışmada aşılı patlıcanların meyvelerinde SÇKM miktarının anaçlara göre farklı düzeylerde olmak üzere aşılamaya bağlı olarak azaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca, Gisbert ve ark. (2011), Dongxin ve ark. (2000), Na ve ark. (2012) ile Khah (2011) patlıcan ve domates anaçları üzerine aşılamanın patlıcanlarda SÇKM miktarının değişmediğini bildirmektedirler. Denemede kendi üzerine aşılamanın bitkilerde SÇKM miktarının aşısız bitkilere göre düşük çıkmasının nedeni kendi üzerine aşılama kaynaklı stres olarak düşünülmektedir.

Anaçların kuvvetli kök yapıları ve yüksek absorpsiyon yetenekleri sayesinde bu anaçlar üzerine aşılanan patlıcanların verimlerinde de artışlar görülmektedir. Bizim çalışmamızda *S. torvum* anacı olan Hawk ve domates anacı olan Kingkong anaçları üzerine aşılanan bitkilerin verimleri kontrol bitkilerine göre daha yüksek çıkmasına karşın, aradaki fark önemli çıkmamıştır. Verim artışının yanında denemede kullanılan anaçların bir kısmında ise verimde düşüş görülmüştür. Steril ortamda yetiştirilen aşılı bitkilerin verimi ile aşısız bitkilerin verimleri arasında fark önemli çıkmazken, kendi üzerine aşılanan bitkilere göre aşılı bitkilerin verimlerinde anaca bağlı olarak değişmekle beraber önemli artışlar elde edilmiştir. Denemede aşılı bitkilerde verim artışının literatürdeki bazı çalışmalarda belirtildiği kadar yüksek çıkmamasının nedeni bitkilerin deneme saksılarında yetiştirilmesi ve bu nedenle kök gelişimlerinin sınırlı kalmasına, bitkilerin beslenmesinde besin çözeltisi yeterli düzeyde verildiği için de köklerin besin elementi absorpsiyon yeteneklerinin etkili olmamasına bağlanmıştır. Literatürde steril ortamlarda aşılamanın verimde önemli düzeyde artışa neden olduğu belirtilmekte ise de bu çalışmalar incelendiğinde çalışmaların toprak koşullarında yürütüldüğü ve bu nedenle de bizim denememizdeki sözü edilen kök gelişimi sınırlamasının olmadığı anlaşılmaktadır. Steril koşullarda aşılamanın patlıcan verimine etkisini inceleyen Moncada ve ark. (2013), *S.torvum* üzerine aşıladıkları patlıcanlarda pazarlanabilir verimin aşısız bitkilerde daha yüksek olduğunu ancak farkın önemli olmadığını, Sabatino ve ark. (2018), patlıcanı akraba türler üzerine aşılamışlar ve *Solanum sisymbriifolium* ve *Solanum incanum* anaçlarında pazarlanabilir

verimde düşüş yaşanırken, *Solanum torvum* ve *Solanum macrocarpon* anaçları üzerine aşıl原因an bitkilerin verimlerinin aşısız bitkilerden daha yüksek olduğunu, Mozafarian ve ark. (2020), sera koşullarında toprakta yürüttükleri çalışmada aşılı patlıcanların veriminin aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilere göre önemli düzeyde daha yüksek çıktığını, *S.torvum* anacının verimi kontrol bitkilerine göre 2 kata yakın artırdığını belirtmektedirler. Ancak, araştırmacılar sera toprağının toprak kökenli patojenlerle bulaşık mı yoksa steril, mi olduğu konusunda bilgi vermemektedirler. Ioannou (2001), patlıcanın domates anaçları üzerine aşıl原因dığında daha yüksek verim verdiğini, Honami (1977) ile Kato ve Lou (1989), aşılı patlıcanlarda verimin aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkilerden daha yüksek olmasının nedeninin anacın kuvvetli kök yapısının yanında anaçta sentezlenen sitokininlerin aynı zamanda kalem bitkiye de transfer edilmesinden kaynaklandığını belirtmektedirler. Passam ve ark. (2005), patlıcanda domates anaçları üzerine aşıl原因manın kontrol ve patlıcan anacı üzerine aşıl原因anlara göre verimi daha çok artırdığını, patlıcan anacı üzerine aşıl原因anların kontrole göre fark oluşturmadığını, Khah (2011), domates anaçları üzerine aşıl原因an patlıcanlarda önemli düzeyde verim artışı gerçekleştiğini bildirmektedirler. Literatürde yürütülen çalışmaların bir kısmı bizim denememizde elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Diğer taraftan denemede aşıl原因ama bazı anaçlarda ıskarta verimin artmasına neden olmuştur. Moncada ve ark. (2013)' da *S.torvum* üzerine aşıl原因adıkları patlıcanlarda ıskarta verimin aşılı bitkilerde önemli düzeyde arttığını belirtmektedirler.

Pazarlanabilir verimin yanında steril koşullarda pazarlanabilir meyve sayısı ve ıskarta verimin de aşılardan nasıl etkilendiği araştırılmaktadır. Bizim çalışmamızda steril koşullarda meyve sayısının aşılama ile artmadığı, hatta bazı anaçlarda pazarlanabilir meyve sayısının azaldığı görülmüştür. Literatürde yürütülen çalışmalarda farklı sonuçlar bildirilmektedir. Bunun nedeni denemenin yürütüldüğü toprak koşullarının farklılığı olarak değerlendirilmektedir. Moncada ve ark. (2013), *S.torvum* üzerine aşladıkları patlıcanlarda meyve sayısının aşılardan etkilenmediğini, Sabatino ve ark. (2018), akraba türler üzerine yaptıkları aşılarda pazarlanabilir meyve sayısının anaca göre değiştiğini, Mozafarian ve ark. (2020) ise sera koşullarında toprakta yürüttükleri çalışmada aşılı patlıcanların meyve sayılarının kontrol bitkilerine göre daha yüksek çıktığını, bazı anaçlarda artışın iki katından daha fazla olduğunu, ancak araştırmacılar çalışmayı yürüttükleri toprağın steril mi yoksa stres faktörleri ile bulaşık mı olduğu konusunda bilgi vermemektedirler. Denemede incelenen parametrelerden biri de steril koşullarda aşılamanın ortalama meyve ağırlığına etki edip etmediği ve anaçlara göre bu etkinin değişip değişmediğidir. Denemede kullanılan 8 anaçtan 4 tanesi ortalama meyve ağırlığında artış sağlarken, diğer 4 anaç üzerine aşılardan ortalama meyve ağırlığı düşük çıkmıştır. Literatürde de ortalama meyve ağırlığı konusunda benzer sonuçlar elde edilmiş olup, Moncada ve ark. (2013), *S.torvum* üzerine aşladıkları patlıcanlarda ortalama meyve ağırlığının kontrole göre daha düşük çıktığını, Sabatino ve ark. (2018) ile Mozafarian ve ark. (2020) ise aşılamanın patlıcanda meyve ağırlığına etki etmediğini belirtmektedirler.

Sonuç olarak, yetiştiricilik topraksız tarım koşullarında ve steril ortamlarda yapılacaksa patlıcanda aşılama gerektirmez. Bununla beraber toprakta stres faktörleri olmasa bile anaçların üstün kök yapısından yararlanabilmek için toprakta yapılacak yetiştiriciliklerde aşılı bitkiler tercih edilmelidir. Bu durumda aşılamanın getirdiği yüksek fide maliyetleri dikkate alınarak karar verilmelidir.

Günümüzde tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilir olması büyük önem taşımaktadır. Biyotik stres faktörleri ile mücadelede çevre ve insan sağlığını tehdit etmeyecek tedbirlerin sayısı çok az ve sonuç alınması da zor uygulamalardır. Bu nedenle de aşılama sürdürülebilir tarım açısından da önemli bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca denemede incelenmemiş olmakla beraber anaçların tuzlu ve alkali topraklara karşı tolerant göstermesi, düşük toprak sıcaklıklarında ve aşırı nemli koşullarda yaşamlarının devam ettirebilmeleri de diğer avantajları olarak öne çıkmaktadır. Bütün bu avantajların yanında patlıcanda aşılı fide yetiştirme ve kullanmanın dezavantajları da bulunmaktadır. Aşılı fidelerin maliyeti normal patlıcan fidelerine göre 2-3 kat daha fazladır. Aşılı fide üretmek için teknik bilgi birikimi ve altyapıya ihtiyaç vardır. Patlıcanda anaç olarak yabancı türlerden ıslah yoluyla anaçlar geliştirilmektedir. Bu durumda hem ıslahı zor yürümekte, hemde yabancı türlerin tohum çimlenmesinin düşük olması, uzun süren tohum dormansisi ve başlangıçta gelişmelerinin yavaş olması gibi zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle anaç ıslahının önemi artmaktadır. Yürütülecek ıslah çalışmalarında bu konuların dikkate alınması gerekmektedir. Özelde patlıcan, genelde ise domates, biber, hıyar,

kavun ve karpuz gibi sebzelerde aşı anacı ıslah çalışmalarında anaçların multi özellikli olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Anaçların birden çok biyotik ve abiyotik stres faktörüne karşı dayanıklı ve/veya tolerant olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca aşı uyuşması da göz ardı edilmemelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri komisyonu tarafından 2020/92 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Alconero, R., Robinson, R.W., Dicklow, B. & Shail, J. (1988). *Verticillium* wilt resistance in eggplant, related solanum species, and interspecific hybrids. Hort Science (USA).
- Arao, T., Takeda, H., & Nishihara, E. (2008). Reduction of cadmium translocation from roots to shoots in eggplant (*Solanum melongena*) by grafting onto *Solanum torvum* rootstock. Soil Science and Plant Nutrition, 54(4): 555-559.
- Arvanitoyannis, S.I., Khah, E.M., Christakou, E.C., & Bletsos, F.A. (2005). International Journal of Food Science and Technology, 40:311-322.
- Bletsos, F., Thanassoulopoulos, C. & Roupakias, D. (2003). Effect of grafting on growth, yield, and *Verticillium* wilt of eggplant. HortScience, 38(2): 183-186.
- Bletsos, F.A. (2006). Grafting and calcium cyanamide as alternatives to methyl bromide for green house eggplant production. Scientia Horticulturae, 107(4): 325-331.
- Bletsos, F.A., Roupakias, D.G., Tsaktsira, M.L., Scaltsoyjannes, A.B., & Thanassoulopoulos, C.C. (1998). Interspecific hybrids between three eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars and two wild species (*Solanum torvum* Sw. and *Solanum sisymbriifolium* Lam.). Plant Breeding, 117(2): 159-164.
- Boyaci, H.F., & Ellialtioglu, S.S. (2020). Rootstock usage in eggplant: actual situation and recent advances. Acta Hortic. 1271: 403-410.
- Buller, S., Inglis, D., & Miles, C. (2013). Plant growth, fruit yield and quality, and tolerance to *Verticillium* wilt of grafted watermelon and tomato in field production in the Pacific Northwest. HortScience, 48(8): 1003-1009.
- Cemeroğlu, B. (2007). Gıda analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınlan No; 34, Ankara.
- Chang, C.Y., Suming, C., & Yi-Chich, C. (2008). Grafting efficiency evaluation of sweet pepper grafted by tubing-grafting. Robotic System Proceedings of the 4th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB) 27-29 May 2008, Taichung, Taiwan.

- Clain, C., Silva, D.D., Focka, I., & Vaniet, S. (2004). RAPD genetic homogeneity and high levels of bacterial wilt tolerance in *Solanum torvum* Sw. (*Solanaceae*) accessions from Reunion Island. *Plant Science*, 166: 1533-1540.
- Colla, G., Roupahel, Y., Leonardi, C., & Bie, Z. (2010). Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 127(2): 147-155.
- Collonnier, C., Fock, I., Kashyap, V., Rotino, G.L., Daunay, M.C., Lian, Y., Mariska, I.K., Rajam, M.V., Servaes, A., Ducreux, G., & Sihachakr, D. (2001). Applications of biotechnology in eggplant. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 65: 91-107.
- Cui, W., Tai, P., Li, X., Jia, C., Yuan, H., He, L., & Sun, L. (2021). A reduction in cadmium accumulation and sulphur containing compounds resulting from grafting in eggplants (*Solanum melogena*) is associated with DNA methylation. *Plant and Soil*, 1-14.
- Daunay, M.C., Lester, R.N., & Laterrot, H. (1991). The use of wild species for the genetic improvement of eggplant (*Solanum melongena*) and tomato (*Lycopersicon esculentum*). In Hawkes, J.G., Lester, R.N., Estrada, N. (eds.) *Solanaceae III: Taxonomy-Chemistry-Evolution*, Vol 3:389-412. The Linnean Society of London, Royal Botanical Gardens Kew, London, UK.
- Davis, A.R., Perkins-Veazie, P., Hassell, R., Levi, A., King, S.R., & Zhang X. (2008). Grafting effects on vegetable quality. *HortScience*, 43(6):1670-1672.
- Devi, C.P., Munshi, A.D., Behera, T.K., Choudhary, H., Gurung, B., & Saha, P. (2015). Cross compatibility in interspecific hybridization of eggplant, *Solanum melongena*, with its wild relatives. *Scientia Horticulturae*, 193: 353-358.
- Di-Gioia, F., Serio, F., Buttaro, D., Ayala, O., & Santamaria, P. (2010). Influence of rootstock on vegetative growth, fruit yield and quality in 'Cuore di Bue', an heirloom tomato. *Journal of Horticultural Sciences and Biotechnology*, 85(6): 477-482.
- Dongxin, F., Baodong, L., & Yiug, W. (2000). Effects of grafting on the resistance to *Verticillium* wilt and the biological characteristics of eggplant. *Zhongguo Shucai* 4: 13-15.

- Flores, F.B., Sanchez-Bel, P., Estañ, M.T., Martinez-Rodriguez, M.M., Moyano, E., Morales, B., ... ,& Bolarín, M. C. (2010). The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 125(3): 211-217.
- Gebologlu, N., Yilmaz, E., Cakmak, P., Aydin, M., & Kasap Y. (2011). Determining of the yield, quality and nutrient content of tomatoes grafted on different rootstocks in soilless culture. *Scientific Research and Essays*, 6(10):2147-2153.
- Gisbert, C., Prohens, J., Raigón, M.D., Stommel, J.R., & Nuez, F. (2011). Eggplant relatives as sources of variation for developing new rootstocks: Effects of grafting on eggplant yield and fruit apparent quality and composition. *Scientia Horticulturae*, 128(1): 14-22.
- Goreta, S., Bucevic-Popovic, V., Selak, G.V., Pavela-Vrancic, M., & Perica, S. (2008). Vegetative growth, superoxide dismutase activity and ion concentration of salt-stressed watermelon as influenced by rootstock. *The Journal of Agricultural Science*, 146(6): 695-704.
- Gousset, C., Collonnier, C., Mulya, K., & Mariska, I. (2005). *Solanum torvum*, as a useful source of resistance against bacterial and fungal diseases for improvement of eggplant (*S. melongena* L.). *Plant Science* 168: 319-327.
- Honami, S. 1977. Grafting eggplants. *Scientia Horticulturae*, 7: 207-211.
- Hussain, M.A., Fatima, I., Mukhtar, T., Aslam, M.N., & Kayani, M.Z. (2015). Effect of inoculum density of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on damage potential in eggplant. *Mycopath*, 13(1): 33-36.
- Ioannou, N. (2001). Integrating soil solarization with grafting on resistant rootstocks for management of soil-borne pathogens of eggplant. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76(4): 396-401.
- Johnson, S., Inglis, D., & Miles, C. (2014). Grafting effects on eggplant growth, yield, and *Verticillium* wilt incidence. *International Journal of Vegetable Science*, 20(1): 3-20.
- Kassi, A.K., Javed, H.V., & Mukhtar, T. (2019). Screening of different aubergine cultivars against infestation of brinjal fruit and shoot borer (*Leucinodes orbonalis* Guenee). *Pakistan Journal of Zoology*., 51(2): 603-609.

- Kato, T., & Lou, H. (1989). Effect of rootstock on the yield, mineral nutrition and hormone level in xylem sap in eggplant. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 58: 345-352.
- Khah, E.M. (2011). Effect of grafting on growth, performance and yield of aubergine (*Solanum melongena* L.) in greenhouse and open-field. *International Journal of Plant Production*, 5(4): 359-366.
- King, S.R., Davis, A.R., Zhang, X., & Crosby, K. (2010). Genetics, breeding and selection of rootstocks for *Solanaceae* and *Cucurbitaceae*. *Scientia Horticulturae*, 127(2): 106-111.
- Kumbar, S., Narayanankutty, C., Sainamole Kurian, P., Sreelatha, U., & Barik, S. (2021). Evaluation of eggplant rootstocks for grafting eggplant to improve fruit yield and control bacterial wilt disease. *European Journal of Plant Pathology*, 161(1): 73-90.
- Lee, J.M. (1994). Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience*, 29(4): 235-239.
- Lee, J.M., & Oda, M. (2003). Grafting of herbaceous vegetables and ornamental crops. *Hort. Revi.* 28:61-124.
- Leonardi, C. (2016). Vegetable grafting tour introduction. University of Catania, Sicily, Italy, 23.
- Leonardi, C., & Giuffrida, F. (2006). Variation of plant growth and macronutrient uptake in grafted tomatoes and eggplants on three different rootstocks. *European Journal of Horticultural Science*, 71(3): 97.
- Manickam, R., Chen, J.R., Sotelo-Cardona, P., Kenyon, L., & Srinivasan, R. (2021). Evaluation of different bacterial wilt resistant eggplant rootstocks for grafting tomato. *Plants*, 10(1): 75.
- Matsubara, K., Kaneyuki, T., Miyake, T., & Mori, M. (2005). Antiangiogenic activity of nasunin, an antioxidant anthocyanin, in eggplant peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(16): 6272-6275.
- Moncada, A., Miceli, A., Vetrano, F., Mineo, V., Planeta, D., & D'Anna, F. (2013). Effect of grafting on yield and quality of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Scientia Horticulturae*, 149: 108-114.

- Mozafarian, M., Ismail, N.S.B., & Kappel, N. (2020). Rootstock effects on yield and some consumer important fruit quality Parameters of eggplant cv. 'Madonna' under protected cultivation. *Agronomy*, 10(9): 1442.
- Na, L., Bao-li, Z., Jing, H., Bo, L., & Wei-min, Z. (2012). Biological characteristics of grafted eggplant on tomato rootstocks. *African Journal of Agricultural Research*, 7(18): 2791-2799.
- Ndereyimana, A., Praneetha, S., Pugalendhi, L., Pandian, B.J., & Hategekimana, A. (2013). Quality parameters of eggplant (*Solanum melongena* L.) as affected by grafting, spacing and fertigation levels. *Journal of Renewable Agriculture*, 147: 151.
- Nicoletto, C., Tosini, F., & Sambo, P. (2012). Effect of grafting and ripening conditions on some qualitative traits of 'Cuore di bue' tomato fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(6): 1397-1403.
- Passam, H.C., Stylianou, M., & Kotsiras, A. (2005). Performance of eggplant grafted on tomato and eggplant rootstocks. *European Journal of Horticultural Science*, 70(30): 130-134.
- Pogonyi, A., Pék, Z., Helyes, L., & Lugasi, A. (2005). Effect of grafting on the tomato's yield, quality and main fruit components in spring forcing. *Acta Alimentaria*, 34(4): 453-462.
- Rivard, C.L., & Louws, F.J. (2008). Grafting to manage soilborne diseases in heirloom tomato production. *HortScience*, 43(7): 2104-2111.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Colla, G., & Rea, E. (2008). Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *HortScience*, 43(3): 730-736.
- Rouphael, Y., Schwarz, D., Krumbein, A., & Colla, G. (2010). Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae*, 127(2): 172-179.
- Sabatino, L., Iapichino, G., D'Anna, F., Palazzolo, E., Mennella, G., & Rotino, G.L. (2018). Hybrids and allied species as potential rootstocks for eggplant: Effect of grafting on vigour, yield and overall fruit quality traits. *Scientia Horticulturae*, 228: 81-90.

- Sabatino, L., Iapichino, G., Maggio, A., D'anna, E., Bruno, M., & D'Anna, F. (2016). Grafting affects yield and phenolic profile of *Solanum melongena* L. landraces. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(5): 1017-1024.
- Sabatino, L., Iapichino, G., Rotino, G.L., Palazzolo, E., Mennella, G., & D'Anna, F. (2019). *Solanum aethiopicum* gr. gilo and its interspecific hybrid with *S. melongena* as alternative rootstocks for eggplant: Effects on vigor, yield, and fruit physicochemical properties of cultivar 'Scarlati'. *Agronomy*, 9(5): 223.
- Schwarz, M. (2012). *Soilless culture management* (Vol. 24). Springer Science & Business Media.
- Semiz, G.D., & Suarez, D.L. (2015). Tomato salt tolerance: impact of grafting and water composition on yield and ion relations. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(6): 876-886.
- Sihachakr, D., Daunay, M.C., Serraf, I., Chaput, M.H., Mussio, I., Haicour, R., Rossignol, L., & Ducreux, G. (1994). Somatic hybridization of eggplant (*Solanum melongena* L.) with its close and wild relatives. *Biotechnology in 169 Agriculture and Forestry, Somatic Hybridization in Crop Improvement*. Springer-Verlag, 255-278, Berlin.
- Singh, A. K., Singh, R., Kumar, S., & Kalloo, G. (2006). Genetic diversity within the genus *Solanum* (*Solanaceae*) as revealed by RAPD markers. *Current Science*, 711-716.
- Sudesh, K.S., Anjanappa, M., Manjunathagowda, D.C., Shilpashree, N., Bharathkumar, A., & Praveenkumar, N.R. (2021). Grafting in brinjal (*Solanum melongena* L.): a sustainable way of increasing the yield. *Vegetos*, 34(1): 263-269.
- Wei, G. (2007). Growth and ionic distribution of grafted eggplant seedlings with NaCl stress. *Acta Botanica Boreal-Occident Sin.*, 27: 1172-1178.
- Wilson, H.P., Kuhar, T.P., Rideout, S.L., Freeman, J.H., Reiter, M.S., & Straw, R.A. (2012). *Virginia commercial vegetable production recommendations*. Virginia State University, 191.
- Yılmaz, S., Çelik, İ., Boyacı, F., & Yeşilova, Ö. (2005). Aşılı domates fide üretiminde kullanılan *Solanum torvum*'un *Fusarium oxysporium* f. sp. *melongena*'ya karşı

reaksiyonları ve anaç performansının belirlenmesi. II. Tohumculuk Kongresi, 9-11.

Yuan, H., Sun, L., Tai, P., Liu, W., Li, X., & Hao, L. (2019). Effects of grafting on root-to-shoot cadmium translocation in plants of eggplant (*Solanum melongena*) and tomato (*Solanum lycopersicum*). *Science of The Total Environment*, 652: 989-995.

BÖLÜM 11

KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ DOMATES BİTKİSİNDE KALSİYUM UYGULAMALARININ BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Özlem ÜZAL^{1*}

Prof. Dr. Fikret YAŞAR¹

Öğr. Gör. Halide TUĞA²

Öğr. Gör. Rana BAYTİN ALACI³

Öğr. Gör. Özlem YAŞAR⁴

Ziraat Müh. Melih UÇAR⁵

Yük. Ziraat Müh. M. Sıddık BAYTİN⁵

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8285019>

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye. ozlemuzal@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1538-820X; fyasar@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-6598-8580;

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Erciş Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Seracılık Programı, halidetuga@yyu.edu.tr, ORCID ID:0000-0001-5466-3123

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Başkale Meslek Yüksekokulu, Organik Tarım Programı, ranabaytin@yyu.edu.tr, ORCID ID:0000-0002-2814-2110

⁴Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Muradiye Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Peyzaj ve Süs Bitkileri Programı, ozlemyasar@yyu.edu.tr, ORCID ID:0000-0001-8722-8312

⁵Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, melihucar@windowslive.com, ORCID ID:0009-0006-8545-7799; muhammedbaytin@ gmail.com, ORCID ID: 0009-0000-9801-2103

* Sorumlu yazar

GİRİŞ

Bitkilerin gelişimini sınırlayan her türlü faktöre “stres” adı verilmektedir (Türkan, 2008). Bitkilerin büyüme ve gelişimleri sürecinde çoğu stres faktörüyle karşılaşır. Stres faktörü bitki gelişimini olumsuz etkileyerek bitkilerin veriminin düşmesine neden olur (Dağüstü, 2003; Yaşar ve ark., 2020; Ozel ve Maesaroh, 2021; Yaşar ve Uzal, 2021). Çevresel stres faktörleri dünya bitkisel üretimini sınırlayan faktörlerdir. Abiyotik stres tarımsal üretimi ortalama %71 ve diğer stres faktörleri ise ortalama %29 oranında düşürmektedir (Boyer, 1982). Kuraklık, dünya tarım alanlarının çoğunda bitkisel üretimi sınırlayan en önemli faktördür (Öztürk, 1998).

Kuraklık, toprak suyunun yetersiz olduğu ve bitkinin metabolizması üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu fizyolojik bir su eksikliğidir (Kumar ve ark., 2018; Yaşar ve Uzal, 2021). Bitkilerin kuraklık stresine ilk tepkileri dış ve iç yapılarındaki değişikliklerden oluşur. Su eksikliği bitki büyümesinde yavaşlamaya neden olmaktadır. Bilhassa vejetatif dönemde yeterince su alamaması, yaprak renginde solmaya, yaprak sayısında azalmaya ve yaprak alanında küçülmeye neden olmaktadır (Yang ve ark., 2021). Kuraklık stresi sürecinde yaprağın üst epidermisinden potansiyel iç su yetmezliği sebebiyle oluşan yaprakta bükülme ve büzüşme meydana gelmektedir (Yang ve ark., 2021). Bu olay, kuraklığı önlemede bir stratejidir. Bu şekilde yaprak alanı azaldığından terleme ile bitkinin su kaybı en az miktarda olmaktadır. Kuraklık stresi, hücre sel dengersizlik/dengesizlikler nedeniyle artan protein hasarı riskine yol açar. Bu nedenle, koruyucu

mekanizmalara sahip birkaç protein, yüksek seviyeler gösterir. Bozulmuş hücrel metabolizma oksidatif hasara yol açar ve dolayısıyla kuraklık stresi altındaki bitkilerde yaygın ve pratik özelliklerden biri olan ROS süpürücü enzimlerde de (SOD, GST, CAT, APX ve diğerleri) artış gözlemlenmiştir (Havrlentová ve ark., 2021). Bitkiler herhangi bir stres faktörüne maruz kaldıklarında enzimatik olmayan antioksidanlar (karotenoidler, askorbat ve tokoferol) ile süperoksit dismutaz, askorbat peroksidaz, katalaz gibi enzimatik antioksidanlar sistemin koruyucusu görevi görürler ve etkilerini gösterirler. (Yaşar ve ark., 2014a, 2016; Uzal, 2017; Yaşar ve Uzal, 2021).

Kalsiyum bitkilerde oldukça hareketsizdir ve kuraklık şartlarında alımı sınırlı su mevcudiyetinden etkilenir (Naeem ve ark., 2017). Su alımının kısıtlı olması, köklerden yetersiz Ca alımının ana nedenleri arasındadır (Adams ve Ho, 1993). Bitki dokularında düşük miktarda Ca bulunması, çeşitli fizyolojik bozukluklara sebep olmaktadır (Alexander ve Clough, 1998). Ca noksanlığı, kuraklık stresi altındaki bitkilerde meydana gelir, bu da bitkide ozmoregülasyonu bozar, enzimlerin aktivasyonunu engeller ve biyosentetik aktiviteleri azaltır, bitkilerde fizyolojik süreçlerin normal gerçekleşmesine engel olur ve sonunda bitkinin ölümüne kadar varan kalıcı hasarlara sebebiyet verebilir (Jenne ve ark., 1958; Üzal ve ark., 2011; Yaşar ve ark. 2013a, b, 2014a, b, 2016; Uzal, 2017).

Bir makro besin olan kalsiyum, bitkilerin normal büyüme ve gelişmesinde önemli yere sahiptir. Kalsiyum membran yapılarının dengelenmesinde rol oynar, besin alımını arttırır ve metabolik olayları düzenler (Tuna ve ark., 2007; Sarwat ve ark., 2013). Kalsiyum ayrıca hücre duvarının bütünlüğünü korur ve hücreler arasında bağ sağlar (Marschner, 1995). Antioksidan metabolizmayı düzenleme yoluyuda zararlı stres etkilerini azaltır (Zorrig ve ark., 2012; Ahmad ve ark., 2015).

Kuraklığın bitki büyümesi, gaz değişimi, su ilişkisi ve osmoregülasyon üzerindeki etkileri son yıllarda geniş çapta incelenmiştir (Munns, 2002; Nogueira ve Silva, 2002; Serraj ve Sinclair, 2002; Silva ve ark., 2004; Valliyodan ve Nguyen, 2006; Ashraf ve Foolad, 2007; Silva ve ark., 2009a, 2009b). Bununla birlikte, kuraklığın besin alımı üzerindeki etkileri ve fizyolojik süreçler üzerindeki sonuçlar üzerine yapılan çalışmalar azdır.

Bitkilerin kuraklık stresine maruz kaldığında Ca besin elementi alımında azalma olduğu ve metabolik bozulmalara neden olduğu bilgisinden hareketle yapılan bu çalışmada, kuraklık stresi altındaki bitkilere dışarıdan Ca^{+2} uygulamalarının bitkilerin gelişimine olumsuz etkilerden koruyup korumadığını anlamak, bitkilerin onları korurken makro ve mikro besin maddelerinin alımında nasıl bir direnç stratejisi geliştirdiğini anlamak amaçlarıyla yapılmıştır.

1. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma split klimalı iklim odasında gerçekleştirilmiştir. Bitki materyali olarak Adamset F₁ domates (*Solanum lycopersicum*) çeşidi kullanılmıştır.

1.1. Bitkilerin Yetiştirilmesi

Elenmiş pomzayla doldurulan köpük çimlendirme kaplarına tohumlar ekilmiştir ve musluk suyu ile sulanmıştır. Daha sonra kaplar $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta ve %70-80 nemde iklimlendirme odasına alınmış, üzeri A4 kağıtlarla kapatılmış, her gün düzenli olarak kontrol edilmiş ve düzenli olarak sulanma yapılmıştır. Kotiledon yaprakları yataylaşan ve ilk gerçek yapraklar çıkmaya başlayan fideler Hoagland besin solüsyonu ile sulanmaya başlanmıştır (Hoagland ve Arnon, 1938). İkinci gerçek yaprakları oluşturan fideler, içi 3lt Hoagland besin solüsyonu ile doldurulmuş plastik kaplarda su kültürüne alınmıştır. Domates fideleri delikli plastik tablalara küçük bir süngerle sarılarak yerleştirilmek suretiyle su kültürüne alınmıştır.

Tablalar, bitki kökleri besin solüsyonuna daldırılarak küvetlerin üzerine yerleştirilmiştir. Akvaryum hava pompasına bağlanarak plastik hortumların besin solüsyonuna daldırılması ile havalandırma işlemi sağlanmıştır. Besin solüsyonuna 200 ppm, 250 ppm, 300 ppm, 350 ppm ve 400 ppm dozlarında Ca uygulanmıştır (Tablo 1). Bitkiler 5-6 yaprak olunca Hoagland besin solüsyonuna %7 oranında polietilen glikol (PEG-6000) eklenmiştir. Bitkiler 7 gün boyunca kuraklık stresi altında kaldıktan sonra bitki örnekleri alınmıştır. Bitkilerin toplam bitki ağırlığı

ölçülerek, bitki kök, gövde ve yapraklarındaki makro ve mikro besin elementlerinin analizleri yapılmıştır.

Tablo 1: Besin Solüsyonu İçerikleri (ppm)

Elementler	Uyg. 1 Kontrol	Uyg.2	Uyg.3	Uyg.4	Uyg.5
Azot	186	186	186	186	186
Fosfor	31	31	31	31	31
Potasyum	135	135	135	135	135
Magnezyum	49.28	49.28	49.28	49.28	49.28
Kalsiyum	200	250	300	350	400
Kükürt	66	66	66	66	66
Demir	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Mangan	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
Bor	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
Bakır	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Çinko	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023

1.2. Toplam Bitki Ağırlığı (g)

Bitkinin kök dahil tüm kısımlarının taze ağırlığı 0,001 g hassasiyete sahip terazide tartılarak belirlenmiştir.

1.3. Mineral Element Analizleri

Yaş yakma metoduna göre yapılan süzüklerde K, Ca, Fe, Zn, Cu, Mn ve Mg içerikleri, Kacar (1994)' e göre Atomik Absorbsiyon cihazında okutulmuştur. Yaş kök, gövde ve yaprak kısımlarındaki mineral element miktarları $\mu\text{g}/\text{mg}$ taze ağırlık olarak hesaplanmıştır (Taleisnik ve ark., 1997).

1.4. İstatistiksel Analiz

Yapılan bu çalışma sonucunda elde edilen verilere Statgraphics istatistiksel analiz paket programında varyans analizi uygulanmış ve önemlilik düzeyleri ise Duncan testi ile %5 anlamlılık düzeyinde gruplandırılmıştır.

2. BULGULAR

7. günün sonunda hasat edilen bitkilerin toplam bitki ağırlıkları Tablo 2' de verilmiştir. Yapılan uygulamaların toplam bitki ağırlığına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bitkilerin ortalama toplam bitki ağırlığında kontrole göre önemli düşüşler gözlenmiştir. 7 günlük kuraklık stresi sonucunda PEG+Ca 400 ppm uygulamasında toplam bitki ağırlığında kontrol grubuna göre önemli ölçüde azalma olduğu, PEG+Ca 250 ppm ve PEG+ de ise çok az bir azalma olduğu gözlenmiştir. Ca 300 ppm uygulamalarının kontrol grubuna göre karşılaştırılması (Tablo 2). Yapılan analizler sonucunda uygulamaların kök ve yaprakta Ca miktarına etkileri istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Tablo 3).

Tablo 2: Toplam Bitki Yaş Ağırlıkları (g)

Konrol (Ca 200 ppm)	Ca 200 ppm+PEG	Ca 250 ppm+PEG	Ca 300 ppm+PEG	Ca 350 ppm+ PEG	Ca 400 ppm+PEG
16.223 a	11.850 d	15.664 b	15.353 b	13.926 c	9.426 e

Farklı harf alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p\leq 0.05$).

Tablo 3: Bitkilerin Kök, Gövde ve Yaprak Kısımlarındaki Ca Miktarı

Uygulamalar	Kök Ca	Gövde Ca	Yaprak Ca
Kontrol	9.71 a	3.12	11.93 bc
200ppm Ca ⁺² +PEG	4.26 c	3.09	8.52 d
250 ppm Ca ⁺² + PEG	4.65 c	3.07	9.30 d
300 ppm Ca ⁺² + PEG	5.41 bc	3.83	10.33 cd
350 ppm Ca ⁺² + PEG	6.30 b	3.20	12.52 b
400 ppm Ca ⁺² + PEG	9.54 a	4.31	14.90 a
P değeri	0.0000	0.3656	0.0001

Aynı sütunda farklı harf alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p \leq 0.05$).

Kuraklık stresine tabi tutulan bitkilerin kök, gövde ve yapraklarında Ca miktarında kontrole göre artış ve düşüşlerin olduğu görülmektedir. Gövde kısımlarında Ca miktarı bakımından istatistiksel anlamda farklılık önemsiz bulunmuştur. Yapraktaki Ca miktarı incelendiğinde en düşük değer 200 ppm Ca⁺² uygulamalarında, en yüksek değer ise 400 ppm Ca⁺² (14.92 µg/mg T.A) uygulamasında belirlenmiştir. Kökteki Ca⁺² miktarı incelendiğinde en yüksek değer 400 ppm Ca⁺² (9.54 µg/mg T.A) uygulamasından, en düşük değer 200 ppm Ca⁺² uygulamasından (4.26 µg/mg T.A) elde edilirken, bu uygulama istatistiki olarak kontrol bitkileriyle aynı grupta yer almıştır.

Uygulamaların kök, gövde ve yapraktaki K miktarı üzerine etkileri istatistiki olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Bitkilerin kök, gövde ve yapraklarında kontrole göre K iyonu miktarında artış ve düşüşler olmuştur. Gövde ve yaprakta bulunan potasyuma bakıldığında en düşük değer (sırasıyla 6.42, 5.56 µg/mg T.A) 400 ppm Ca⁺² uygulamasından elde edilmiştir. Kök de ise en düşük değer 400 ppm Ca⁺² (4.24 µg/mg T.A) uygulamasında, en yüksek değer 350 ppm Ca⁺²

(15.92 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasında belirlenmiştir ve bu uygulama kontrol bitkileriyle aynı istatistiki grupta yer almıştır (Tablo 4).

Tablo 4: Bitkilerin Kök, Gövde ve Yaprak Kısımlarındaki K Miktarı

Uygulamalar	Kök K	Gövde K	Yaprak K
Kontrol	7.20 c	3.81 d	7.30 d
200ppm Ca^{+2} +PEG	4.24 d	11.11 a	16.74 a
250 ppm Ca^{+2} + PEG	10.93 c	8.30 b	10.04 b
300 ppm Ca^{+2} + PEG	12.66 b	4.35 d	7.88 c
350 ppm Ca^{+2} + PEG	15.92 a	4.05 d	9.93 b
400 ppm Ca^{+2} + PEG	10.37c	6.42 c	5.56 c
P değeri	0.0000	0.0000	0.0000

Aynı sütunda farklı harf alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p \leq 0.05$).

Çalışmada uygulamaların kök, gövde ve yapraklardaki Mg miktarı üzerine etkileri yönünden farklılıkların olduğu ve istatistiksel anlamda önemli ($P < 0.05$) olduğu belirlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5: Bitkilerin Kök, Gövde ve Yaprak Kısımlarındaki Mg Miktarları.

Uygulamalar	Kök Mg	Gövde Mg	Yaprak Mg
Kontrol	19.48 a	10.39 b	25.27 c
200ppm Ca^{+2} +PEG	9.43 c	9.75 bc	29.80 b
250 ppm Ca^{+2} + PEG	11.58 c	13.12 a	17.62 d
300 ppm Ca^{+2} + PEG	14.09 b	8.33 cd	23.65 c
350 ppm Ca^{+2} + PEG	20.49 a	8.59 cd	37.60 a
400 ppm Ca^{+2} + PEG	9.55 c	7.47 d	19.03 d
P değeri	0.0000	0.0000	0.0000

Aynı sütunda farklı harf alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p \leq 0.05$).

Bitkilerin kök, gövde ve yapraklarında kontrole göre Mg miktarında artış ve düşüşler olmuştur. Kök Mg miktarı incelendiğinde en düşük değer 200 ppm Ca^{+2} (9.43 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer 350 ppm Ca^{+2} uygulamasında yer almış ve kontrole istatistiksel olarak aynı grupta olduğu gözlemlenmiştir.

Gövdede Mg miktarı incelendiğinde en düşük değer 400 ppm Ca^{+2} (7.47 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasından, en yüksek değer 250 ppm Ca^{+2} uygulamasında ölçülmüştür. Bu uygulama kontrolle istatistiksel olarak aynı grupta olduğu belirlenmiştir. Yapraktaki Mg miktarı incelendiğinde 250 ppm Ca^{+2} (17.62 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasından en düşük ölçüm alınmış, en yüksek değer 350 ppm Ca^{+2} (37.60 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasında belirlenmiştir (Tablo 5).

Fe miktarı açısından yapılan analizler sonucunda uygulamaların kök, gövde ve yaprak Fe miktarına etkileri yönünden farklılıklar istatistiksel anlamda önemlidir ($P<0.05$) (Tablo 6). Kökteki Fe miktarı incelendiğinde en düşük değer 200 ppm Ca^{+2} (6.21 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasında, en yüksek değer 400 ppm Ca^{+2} (13.40 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasında belirlenmiştir. Gövdede Fe miktarı incelendiğinde en yüksek değer 300 ppm Ca^{+2} (17.59 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasından elde edilirken, en düşük değer 250 ppm Ca^{+2} uygulamalarında (7.36 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) saptanmıştır. Yapraktaki Fe miktarı bakımından en düşük değer 400 ppm Ca^{+2} (208.17 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasında, en yüksek değer ise 200 ppm Ca^{+2} (243.54 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasında belirlenmiştir.

Tablo 6: Bitkilerin Kök, Gövde ve Yaprak Kısımlarındaki Fe Miktarları

Uygulamalar	Kök Fe	Gövde Fe	Yaprak Fe
Kontrol	22.07 a	8.95 b	447.20 a
200ppm Ca^{+2} +PEG	6.21 c	9.98 b	243.54 b
250 ppm Ca^{+2} + PEG	13.18 b	7.36 b	217.01 b
300 ppm Ca^{+2} + PEG	4.89 c	17.59 a	226.99 b
350 ppm Ca^{+2} + PEG	7.35 c	15.33 a	209.07 b
400 ppm Ca^{+2} + PEG	13.40 b	9.29 b	208.17 b
P değeri	0.0000	0.0018	0.0000

Aynı sütunda farklı harf alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p\leq 0.05$).

Bitkilerin kök ve yapraklarında Zn miktarlarındaki farklılığın istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) olduğu görülmektedir (Tablo 7). Bitkilerin kök, gövde ve yapraklarında kontrole göre Zn miktarında artış ve düşüşlerin olduğu görülmektedir. Kökte Zn miktarı incelendiğinde en yüksek değer 200 ppm Ca^{+2} (29.50 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasından elde edilirken, en düşük değer 250 ppm Ca^{+2} (21.0 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasında saptanmıştır. Gövdedeki Zn miktarı incelendiğinde uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmamıştır. Yapraktaki Zn miktarı incelendiğinde en düşük değer 250 ppm Ca^{+2} (17.31 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasında gözlenirken en yüksek değer 200 ppm Ca^{+2} (33.95 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasından elde edilmiştir.

Tablo 7: Bitkilerin Kök, Gövde ve Yaprak Kısımlarındaki Zn Miktarları

Uygulamalar	Kök Zn	Gövde Zn	Yaprak Zn
Kontrol	51.66 a	17.23	22.87 b
200ppm Ca^{+2} +PEG	29.50 b	17.94	33.95 a
250 ppm Ca^{+2} + PEG	21.00 b	19.25	17.31 c
300 ppm Ca^{+2} + PEG	26.74 b	16.51	26.63 b
350 ppm Ca^{+2} + PEG	25.45 b	16.18	25.60 b
400 ppm Ca^{+2} + PEG	27.16 b	21.62	24.39 b
P değeri	0.0000	0.2444	0.0002

Aynı sütunda farklı harf alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p\leq 0.05$).

Çalışmada Cu miktarı açısından yapılan analizler sonucunda uygulamaların yaprak ve gövde de Cu miktarı üzerine etkileri yönünden farklılıklar istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Yapraktaki Cu miktarı bakımından en düşük değer 250 ppm Ca^{+2} (0.98 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasında en yüksek değer kontrol 200 ppm Ca^{+2} (1.73 $\mu\text{g}/\text{mg}$

T.A) uygulamasından elde edilmiştir. Gövdedeki Cu miktarı incelendiğinde uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmamıştır (Tablo 8).

Bitkilerin kök ve yaprak da Mn miktarı yönünden farklılıklar istatistiki olarak önemli ($P<0.05$) iken gövdede farklılık önemsiz bulunmuştur. Bitkilerin kök, gövde ve yapraklarında kontrole göre Mn miktarında kararsızlığın olduğu görülmektedir. Kökteki Mn miktarı en düşük uygulama 400 ppm Ca^{+2} (16.9 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A), en yüksek ise 200 ppm Ca^{+2} (48.3 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktaki Mn miktarı bakımından en düşük değer 250 ppm Ca^{+2} (8.3 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasında, en yüksek değer 200 ppm Ca^{+2} (24.4 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A) uygulamasında ölçülmüştür (Tablo 9).

Tablo 8: Bitkilerin Kök, Gövde ve Yaprak kısımlarındaki Cu Miktarları.

Uygulamalar	Kök Cu	Gövde Cu	Yaprak Cu
Kontrol	2.20 a	1.22	2.02 ab
200ppm Ca^{+2} +PEG	1.86 ab	1.09	2.17 a
250 ppm Ca^{+2} + PEG	1.47 b	1.25	1.38 b
300 ppm Ca^{+2} + PEG	1.49 b	1.35	1.70 ab
350 ppm Ca^{+2} + PEG	1.78 ab	1.33	1.68 ab
400 ppm Ca^{+2} + PEG	1.79 ab	1.01	2.10 ab
P değeri	0.1467	0.2930	0.1559

Aynı sütunda farklı harf alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p\leq 0.05$).

Tablo 9: Bitkilerin Kök, Gövde ve Yaprak Kısımlarındaki Mn Miktarları.

Uygulamalar	Kök Mn	Gövde Mn	Yaprak Mn
Kontrol	54.1 a	1.7	11.8 b
200ppm Ca ²⁺ +PEG	48.3 a	2.1	24.4 a
250 ppm Ca ²⁺ + PEG	33.0 b	4.6	8.3 b
300 ppm Ca ²⁺ + PEG	32.5 b	2.4	13.5 b
350 ppm Ca ²⁺ + PEG	29.9 b	1.7	8.8 b
400 ppm Ca ²⁺ + PEG	16.9 c	2.4	9.7 b
P değeri	0.0000	0.0000	0.0006

Aynı sütunda farklı harf alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p \leq 0.05$).

3. TARTIŞMA ve SONUÇ

Kuraklık, bitki büyümesini, gelişimini, kuru madde üretimini ve potansiyel verimi olumsuz etkiler (Anjum ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2018). Kuraklık aynı zamanda stomaların kapanmasına neden olarak terlemeyi azaltır (Silva ve ark., 2004, 2009a). Böylece köklerden sürgüne besin taşınması da terleme hızındaki azalma, aktif taşımadaki dengesizlik ve zar geçirgenliği ile sınırlanmakta ve bunun sonucunda köklerde emilim gücü azalmaktadır (Hu ve Schmidhalter, 2005; Hu ve ark., 2007; Farooq ve ark., 2009). Bu nedenle kuraklık, toprakta düşük besin mevcudiyetine ve bitkilerde daha düşük besin taşınmasına neden olur (Hu ve ark., 2007). Birlikte hareket eden tüm bu faktörlerin, farklı fizyolojik süreçleri etkileyerek bitki gelişimi için ciddi sonuçları vardır. Hücre büyümesi, hücre bölünme sıklığında azalma, kök farklılaşması, yaprak boyutları, sürgün uzunluğu, değişen stoma hareketleri, azalan bitki verimi ve su kullanım etkinliği ile su ve mineral beslenme ilişkisi, bitkilerde kuraklığın başlıca sonuçlarıdır (Kumawat ve Sharma, 2018). Çalışma sonunda bitkilerin büyüme ve gelişmesinde bir miktar

gerileme görülmesine rağmen genel olarak kuraklık stresi altında gelişmeye devam etmiştir. Toplam bitki ağırlığı bakımından Ca dozları arasında çok daha önemli farklar olduğu görülmektedir. (Yaşar ve ark., 2006, 2007, 2008a, 2013a, 2016) da farklı türler üzerinde çalışmalarda toplam bitki ağırlıklarının tuz stresine bitkinin tepkisini belirlemesinde önemli bir parametre olduğunu göstermiştir. Farooq ve ark., (2009) kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki yaygın bir olumsuz etkisinin taze ve kuru biyokütle üretimindeki azalmaya sebep olduğunu belirtmiştir (Farooq ve ark., 2009).

Yaptığımız çalışmada Ca' nın 1. dozu kuraklığın olumsuz etkilerini azaltamazken, özellikle 2. ve 3. doz ve kısmen 4. doz olumlu etkili olan dozlar olmuştur. Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar kuraklık stresi altında Ca dozu artırılmadan solunumun yavaşlaması nedeniyle bitkilerde büyüme ve gelişmenin azaldığını göstermiştir. Solunum sisteminin bozulması ile stoma hareketliliğinde azalma sonucu bitkilerde hormonal bozuklukları oluşur. Bunun sonucunda fotosentezde azalma, dolayısıyla asimilasyon oluşumunun düşüşü meydana gelir. Sonuç olarak bitkinin büyümesi ve gelişiminde gerilemeler oluşur (Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985; Yaşar, 2003; Yaşar, 2007). Ancak artan Ca dozu ile kuraklık stresi altındaki bitkilerde Ca bitkinin farklı fizyolojik ve biyokimyasal olaylarında sinyal molekülü görevi görerek stres direncini artırdığından, aynı zamanda önemli bir makrobesin ve ikinci haberci görevi de görür (White ve Broadley, 2003), hücre zarının stabilizasyonunda, besin maddelerinin alımında, ayrıca enzim ve hormonların düzenlenmesinde önemli bir rol oynar

(Ahmad ve ark., 2015). Bu özelliklerinden dolayı Ca, bitkilerin kuraklık stresi altında gelişmelerini sürdürmelerini sağlamış olabilir. Kalsiyum, hücre duvarı stabilizasyonu, iyon taşınması ve seçiciliğinin düzenlenmesi, iyon değişim davranışının ve enzim aktivasyonunun düzenlenmesi ve bitki zarında yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünün sağlanması gibi çoğu hayati olayda rolü olan, bitki büyümesi ve gelişmesi için gerekli makro besinlerden biridir (Rengel, 1992). Bundan dolayı Ca, bitki için sadece bir mineral besin maddesi değil, hücre ve bitki gelişim süreçlerini ve birçok fizyolojik ve hücrel yönü düzenlenmesinde bitkinin farklı stres koşullarına adaptasyonuna yardım eder (White ve Broadley, 2003). Bu sebeplerden dolayı bitkilerin kuraklık stresi altında çok az kayıpla gelişmelerini sürdürmelerini sağlamıştır.

Kuraklık stresi bitkilerin besin elementlerinin alımına olumsuz etki yapmaktadır (Kheradmand ve ark., 2014). Kuraklık stresinin mineral alımındaki etkisinin çözülebilmesi oldukça güçtür. Kuraklık stresi durumunda bitki besinleri aktif kök uçları tarafından almaktadır. Böylece düşük anyon emilimi ve daha büyük iki değerlikli katyon emilimi meydana gelmektedir. Kuraklık stresinin bitki türleri üzerindeki etkileri üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Kuraklık stresi sonrası çoğu bitkinin besin elementlerinin genel olarak emiliminde azalmaya olmasına rağmen, yapılan bazı çalışmalarda çeşitli bitkiler de alımının arttığı belirlenmiştir. Farklı türlerde yapılan çalışmalarda kuraklık stresi altında bitkinin N, K, Ca, Mg, Na, Cl oranlarında artış, P ve Fe oranlarında düşüş belirlenmiştir. Yeşil alan bitkilerinin toplam

besin maddeleri miktarında genellikle kuraklıkla birlikte azaldığı belirlenmiştir (Öztürk, 1991; Pessarakli, 1999).

Strese toleransı yüksek olan bitkilerin en önemli özelliklerinden biride iyon dengesidir. Hu (2005) su eksikliği koşullarının bitki potasyum (K) alımını azalttığını bildirmiştir ve K' deki bu düşüş, azalan K hareketliliğine, azalan transpirasyon hızına ve kök zarı taşıyıcılarının zayıflamış etkisine bağlamıştır. Benzer sonuçlar farklı bitki türlerinde belirlenmiştir (Bahreininejad ve ark., 2013; Sarani ve ark., 2014; Qi, 2019). Çalışmamızın dikkat çeken sonuçlarından bir diğeri, Ca dozunun artışıyla bitkilerin kök, gövde ve yapraklarında biriken K iyonu miktarının artışıdır. Bilhassa yaprak ve kök de Ca' nın 3. ve 4. dozunda kontrole göre K birikimi önemli oranda artmıştır.

Kuraklık stresi altındaki domates bitkilerine farklı dozlarda Ca uygulaması, beklenen şekilde bitkilerin Ca alımında farklılıklar yaratmıştır. Fakat anlaşılması istenen asıl mesele, Ca'nın hangi dozunun kuraklık stresi etkisini azalttığı ve Ca alımında iyon dengesini hangi dozun sağlayacağını belirlemektir. Her üç organda da dozlar arttıkça sistematik şekilde bir artış olmuş, Kalsiyum, gövde de daha az birikirken, kök ve yapraklarda daha yüksek oranda birikmiştir. Yıldırım (2019)'un da yaptığı çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bitkilerin tuz stresine toleransında K ve Ca alımlarının çok önemli etkilerinin olduğunu Yaşar ve ark., (2006; 2013a), Üzal, (2009), Üzal ve Yıldız, (2014)' ın farklı bitki türleri ile belirlemişlerdir. Tuz stresinde de bitkiler fizyolojik kuraklık yaşamakta ve dolayısıyla

kuraklık stresinde yaşanan olumsuzluklar benzer olmaktadır. Bu görüş iyon alımı ve birikimi içinde geçerli olmaktadır.

Yine makro besin elementinden olan Mg alımında 350 ppm Ca^{+2} dozuna kadar sistematik şekilde artışlar olmuş ve maksimum değer bu dozda ölçülmüştür. Özellikle Mg' un yapraklarda daha fazla biriktiği görülmektedir. Çalışma da ayrıca kuraklık stresi uygulanan domates bitkilerine farklı dozlarda kalsiyum uygulamalarının bitkilerin kök gövde ve yapraklarındaki mikro element miktarlarındaki değişime bakılmıştır. Genel olarak mikro elementlerin alımı doz artışına bağlı olarak kontrole göre düşüşler olmuştur. En az düşüş yani kontrole en yakın olan uygulamalar yine uygulanan Ca' un 1.dozları olmuştur. Bu dozdan sonra kalsiyumun artışı olsa bile mikro elementin alımında önemli bir artışa sebep olmamıştır. Nitekim Samarah ve ark. (2004), kuraklık stresi koşullarının, soya fasulyesinde manganez (Mn), molibden (Mo), bakır (Cu), ve çinko (Zn) birikimini arttığını belirtmiştir. Toplam bitki ağırlığı en yüksek kalsiyum dozlarının uygulandığı bitki grupları hem kuraklıktan daha çok etkilenmiş hem de mikro element birikimlerinde azalmaların olduğu görülmüştür. Bu uygulamalarda kalsiyum alımlarının arttığı dikkati çekmektedir. Bu sonuca göre domates bitkisi kuraklık stresi anında en fazla ihtiyaç duyduğu besin elementi kalsiyum elementi olabilir. Sonuç olarak kalsiyumun uygun dozlarının kuraklık stresi altında bile hücredeki iyon dengesini sağlayarak bitkiyi kuraklığın olumsuz etkisinden koruyabildiği söylenebilir.

TEŞEKKÜR

Bu kitap bölümü Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından desteklenen (Proje no: FBA-2018-7316) projeden üretilmiştir. Destekleri için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Adams, P., & Ho, L.C. (1993). Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant and Soil*, 154: 127– 132.
- Ahmad, P., Sarwat, M., Bhat, N.A., Wani, M.R., Kazi, A.G., & Tran, L.S.P. (2015) Alleviation of cadmium toxicity in *Brassica juncea* L. (Czern. & Coss.) by calcium application involves various physiological and biochemical strategies. *Plos One* 10:e0114571–e0114571. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114571>.
- Alexander, S.E., & Clough, G.H. (1998). Spunbonded rowcover and calcium fertilization improve quality and yield in bell pepper. *Horticulturae Science*, 33:1150–1152. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.33.7.1150>.
- Anjum, S.A., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem, M.F., Man, C., & Lei, W. (2011) Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress, *African Journal of Agricultural Research*, 6 (9): 2026-2032. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.027>.
- Ashraf, M., & Foolad, M.R. (2007) Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 206-216.
- Bahreininejad, B., Razmjou, J., & Mirza, M. (2013) Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. *Int. J. Plant Prod.*, 7: 151–166.
- Boyer, J.S. (1982). Plant productivity and environment. *Science*, 218: 443-448. <https://doi.org/10.1126/science.218.4571.443>.
- Çakırlar, H., & Topçuoğlu, Ş.F. (1985). Stres terminolojisi. Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği Sempozyum, 7: 13-17.
- Dağüstü, N. (2003). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin fide döneminde *in vivo* koşullarda NaCl stresine dayanma performanslarının belirlenmesi. *Türkiye*, 5: 13-17.

- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In Sustainable Agriculture, 153-188. Springer, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8>.
- Havrlentová, M., Kraic, J., Gregusová, V., & Kováčsová, B.(2021). Drought stress in cereals – A Review. Agriculture, 67:47–60.
- Hoagland, D.R., & Arnon, D.I. (1938). The water culture method for growing plants without soil. Circular California Agricultural Experiment Station, 1:347- 461.
- Hu, Y., & Schmidhalter, U. (2005). Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science., 168: 541–549.
- Hu, Y., Burucs, Z., Tucher, S.V., & Schmidhalter, U. (2007) Short-term effects of drought and salinity on mineral nutrient distribution along growing leaves of maize seedlings. Environmental and Experimental Botany, 60: 268-275.
- Jenne E., Rhoades, H., Yien, C., & Howe, O. (1958). Change in nutrient element accumulation by corn with depletion of soil moisture. Agronomy Journal, 50:71-80. <https://doi.org/10.2134/agronj1958.00021962005000020004x>.
- Kacar, B. (1994). Bitki ve toprağın kimyasal analizleri. III Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları:3, Ankara: 703s.
- Kheradmand, M.A., Fahraji, S.S., Fatahi, E., & Raoofi, M.M. (2014). Effect of water stress on oil yield and some characteristics of *Brassica napus*. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 8: 1447–1453.
- Kumar, S., Sachdeva, S., Bhat, K.V., & Vats, S. (2018). Plant responses to drought stress: Physiological, biochemical and molecular basis. Biotic and Abiotic Stress Tolerance in Plants, 1–25.
- Kumawat, K.R., & Sharma, N.K. (2018). Effect of drought stress on plants growth. Popular Kheti, 6: 239–241.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants, 2nd ed., Academic Press, London, 324/333.

- Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25: 239-250.
- Naeem, M., Naeem, M.S., Ahmad, R., & Ahmad, R. (2017). Foliar-applied calcium induces drought stress tolerance in maize by manipulating osmolyte accumulation and antioxidative responses. *Pakistan Journal of Botany*, 49(2): 427-434.
- Nogueira, R.J.M.C., & Silva, E.C. (2002) Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* Engl. cultivadas sob estresse hídrico. *Iheringia, Série Botânica*, 57: 31-38.
- Ozel, C.A., & Maesaroh, S. (2021). Salt tolerance, morphological and anatomical responses of *in vitro Indigofera zollingeriana* Miq. Seedling, *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(4):949-957. <https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol5iss4pp949-957>.
- Öztürk, H.S. (1991). Soya bitkisinin gelişimi üzerine farklı dönemlerdeki su stresinin farklı tekstürlü topraklardaki etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Öztürk, A. (1998). Kuraklığın kışlık buğdayın gelişmesi ve verimine etkisi Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, 25240 Erzurum- Türkiye.
- Pessarakli, M. (1999). *Handbook of Plant and Crop Stress: Second Edition, Revised and Expanded* "New York, NY, USA: Marcel Dekker Incorporated, 299-303.
- Qi, J., Sun, S., Yang, L., Li, M., Ma, F., & Zou, Y. (2019). Potassium uptake and transport in apple roots under drought stress. *Horticultural Plant Journal*, 5: 10–16.
- Rengel, Z. (1992). The role of calcium in salt toxicity. *Plant, Cell and Environment*, 15(6): 625–632. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1992.tb01004.x>.
- Samarah, N., Mullen, R., & Cianzio, S.(2004). Size distribution and mineral nutrients of soybean seeds in response to drought stress. *Journal of Plant Nutrition*, 27: 815–835.
- Sarani, M., Namrudi, M., Hashemi, S.M., & Raoofi, M.M. (2014). The effect of drought stress on chlorophyll content, root growth, glucosinolate and proline

- in crop plants. International Journal of Farming and Allied Sciences, 3, 994–997.
- Sarwat, M., Ahmad, P., Nabi, G., & Hu, X. (2013). Ca²⁺ signals: the versatile decoders of environmental cues. Critical Reviews in Biotechnology, 33:97–109. <https://doi.org/10.3109/07388551.2012.672398>.
- Serraj, R., & Sinclair, T.R. (2002) Osmolyte accumulation: Can it really help increase crop yield under drought conditions? Plant, Cell and Environment 25: 333-341.
- Silva, E.C., Nogueira, R.J.M.C., Azevedo Neto, A.D., & Brito Cabral, E.L. (2004) Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. Iheringia 59: 201-205.
- Silva, E.C., Nogueira, R.J.M.C., Vale, F.H.A., Araujo, F.P., & Pimenta, M.A. (2009a) Stomatal changes induced by intermittent drought in four umbu tree genotypes. Brazilian Journal of Plant Physiology, 21: 33-42
- Silva, E.C., Nogueira, R.J.M.C., Vale, F.H.A., Melo, N.F., & Araujo, F.P. (2009b) Water relations and organic solutes production in four umbu tree (*Spondias tuberosa*) genotypes under intermittent drought. Brazilian Journal of Plant Physiology, 21: 43-53.
- Taleisnik, E., Peyran, G., & Arias, C. (1997). Respose of chlorisgayana cultivars to salinity. 1. Germination and early vegetatif growth. Tropical Grassland, 31: 232-240.
- Tuna, A.L., Kaya, C., Ashraf, M., Altunlu, H., Yokas, I., & Yagmur, B. (2007). The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. Environmental and Experimental Botany, 59: 173–178.
- Türkan, G. (2008). Bitki fizyolojisi. Palme Yayıncılık, No.455, s.690, Ankara.
- Uzal, O. (2017). The effect of GA₃ applications at different doses on lipidperoxidation, chlorophyll, and antioxidant enzyme actıvıyies in pepper plants under salt stress. Fresenius Environmental Bulletin, 26(8): 5283-5288.

- Üzal, Ö. (2009). Tuz stresi altında yetiştirilen bazı çilek çeşitlerinde jasmonik asitin bitki gelişimi ve antioksidant enzim aktiviteleri üzerine etkisi. (doktora tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü. Van.
- Üzal, Ö., Yasar, F., & Köse, Ş. (2011). Kuraklık stresi altındaki bazı karpuz genotiplerinin biyokimyasal ve fizyolojik olarak tepkilerinin belirlenmesi. Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 2: 532-537.
- Üzal, Ö., & Yıldız, K. (2014). Bazı çilek (*Fragaria x ananassa* L.) çeşitlerinin tuz stresine tepkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 24(2): 159-167.
- Valliyodan, B., & Nguyen, H.T. (2006) Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. Current Opinion in Plant Biology, 9: 189-195.
- White, P.J., & Broadley, M.R. (2003). Calcium in plants. Annals of Botany, 92(4): 487- 511. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg164>.
- Yang, X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z., & Chen, S. (2021). Response mechanism of plants to drought stress. Horticulturae, 7: 50. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7030050>.
- Yaşar, F. (2003). Tuz stresi altındaki patlıcan genotiplerinde bazı antioksidant enzim aktivitelerinin *in vitro* ve *in vivo* olarak incelenmesi. (doktora tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Yasar, F., Ellialtıoğlu, S., & Kusvuran, S. (2006). Ion and lipid peroxide content in sensitive and tolerant eggplant callus cultured under salt stress. European Journal of Horticultural Science, 71 (4): 169- 172.
- Yasar, F. (2007). Effects of salt stress on ion and lipid peroxidation content in green beans genotypes. Asian Journal of Chemistry, 19(2): 1165-1169.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu Ş., Ozpay, T., & Üzal Ö. (2007). Karpuz (*Citrillus lanatus*) genotiplerinde, tuz stresinden kaynaklanan oksidatif zararlanmanın zamana göre değişimi ve skala ile ilişkisinin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12: 59-64.
- Yasar, F., Ellialtıoğlu, S., & Yıldız, K. (2008a). Effect of salt stress on antioxidant defense systems, lipid peroxidation, and chlorophyll content in green bean.

- Russian Journal of Plant Physiology 55: 782-786. <https://doi.org/10.1134/S1021443708060071>.
- Yasar, F., Ellialtıoglu, S., Ozpay, T., & Uzal, O. (2008b). Tuz stresinin karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) antioksidatif enzim (SOD, CAT, APX ve GR) aktivitesi üzerine etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 18(1): 61-65.
- Yasar, F., Uzal, O., Ozpay, T., & Yasar, O. (2013a). Investigation of the relationship between the tolerance to drought stress levels and antioxidant enzyme activities in green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. African Journal of Agricultural Research, 8(46):5759–5763.
- Yasar, F., Uzal, O., & Yasar, O. (2013b) Determination of antioxidative enzyme activities in callus culture of the salt-tolerant and salt-sensitive watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) genotypes under salt stress, Journal of Food, Agriculture & Environment, 11 (3&4):1437-1440.
- Yasar, F., Uzal, O., Kose, S., Yasar, O., & Ellialtıoglu, S. (2014a). Enzyme activities of certain pumpkin (*Cucurbita* spp.) species under drought stress. Fresenius Environment Bulletin, 23(4):1093–1099.
- Yasar, F., Uzal, O., Yasar, O., & Ellialtıoglu, S.S. (2014b) Root, stem, and leaf on accumulation in drought stressed green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes treated with Peg-6000. Fresenius Environment Bulletin, 23(10a): 2656–2662.
- Yasar, F., Uzal, O., & Yasar, O. (2016). Antioxidant enzyme activities and lipidperoxidation amount of pea varieties (*Pisum sativum* sp. *arvense* L.) under salt stress. Fresenius Environment Bulletin, 5: 37 –42.
- Yasar, F., Yıldırım, O., & Uzal, O. (2020). Investigation of the effect of calcium applications on antioxidative enzyme activities in pepper plant under salt stress. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 4(2): 346-357. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700231>.
- Yasar, F., & Uzal, O. (2021). Effect of applications of different potassium (K⁺) doses on antioxidant enzyme activities in pepper plants under salt stress. J. Elem., 26(4): 905-912. <https://doi.org/10.5601/jelem.2021.26.3.2126>.

- Yıldırım, O. (2019). Tuz stresi altındaki biber bitkisine kalsiyum uygulamalarının etkisinin araştırılması, (yüksek lisans tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Zhang, J., Zhang, S., Cheng, M., Jiang, H., Zhang, X., Peng, C., Lu, X., Zhang, M., & Jin, J. (2018). Effect of drought on agronomic traits of rice and wheat: A Meta-Analysis, Intern.
- Zorrig, W., Shahzad, Z., Abdelly, C., & Berthomieu, P. (2012). Calcium enhances cadmium tolerance and decreases cadmium accumulation in lettuce (*Lactuca sativa*). African Journal of Biotechnology, 11: 8441–8448.

BÖLÜM 12

KURAKLIĞIN SEBZE ÜRETİMİNE ETKİSİ

Doç. Dr. Turgay KABAY¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8285027>

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Erciş Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Van, Türkiye. turgaykabay@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3239-0037

GİRİŞ

Bitkilerin etkilendiği kuraklık, herhangi bir zaman döneminde bir bölgede (mevsim, ay veya hafta) yağışın olmaması veya düşen yağışın bitkide terleme ile topraktaki buharlaşma arasındaki dengenin bozulması ve bu nedenle bitkilerin olumsuz etkilenmesi olayıdır (Anonim, 2012; Kabay, 2019).

Sebze üretiminde kuraklığın fide döneminde ve meyve bağlama döneminde yaşanması önemli verim kayıplarına neden olmaktadır. Tohum ekim alanı veya tohum ekim harcının besin değerinin iyi olması kaliteli sebze fidesi için çok önemlidir. Fide oluşum aşamasında düzensiz sulama ve kuraklığın oluşması; fide kaybı, kısa boğumlu, kısa boylu ve kalitesiz fidelerin oluşmasına neden olur.

1. TOHUM EKİM DÖNEMİNDE KURAKLIK

Tohum ekimi yapıldıktan sonra sulamanın düzenli yapılması tohum çimlenme oranını artırarak verimin artmasına neden olmaktadır. Tohum ekimi sonrası kuraklık yaşanması, tohum çimlenme oranının azalmasına ve çimlenme süresinin artmasına neden olur.

Her tohumda belli oranda su bulunmaktadır. Yeterli miktarda su ve sıcaklık tohumdaki enzim faaliyetlerini aktif hale getirerek, besin maddelerinin tohumun çimlenme evresine geçmesini sağlar. Tohum ekiminden itibaren kuraklığın başlaması; tohumlardaki bulunan suyun azalmasına ve tohum kabuğundan başlayarak endosperm ve embriyo'nun canlılığının kaybolmasına neden olur (Eriş, 2007; Sivritepe, 2012; Öztürk ve Sefaoğlu, 2022).

Domateste PEG kullanılarak oluşturulan kuraklık çalışmasında, kuraklık nedeniyle domates tohumlarında çimlenme indeksinde azalmanın olduğu belirtilmektedir (Altunlu ve ark., 2022). Kuraklık şartlarında, Şavşat ve SC2121 domates çeşitlerinin çimlenme oranının azaldığı belirtilmektedir (Demiralay, 2021). Kuraklık stresi altında Çin lahanasının, çimlenme yüzdesi, potansiyeli ve canlılık endeksi azaldığı belirtilmektedir (Yan, 2015). Kuraklı stresindeki roka, havuç, patlıcan ve karpuz tohumlarının, çimlenen tohum sayısı, çimlenme hızı indeksinin azaldığı belirtilmektedir (Steiner ve Zuffo, 2019).

2. FİDE DİKİMİNDEN SONRAKİ DÖNEMLERDE KURAKLIĞIN ETKİSİ

Sebze üretiminde, fide dikim yapıldıktan hasat dönemine kadar yaşanan kuraklıkların süresine göre bitkiler olumsuz etkilenmektedir. Bitkiler uzun süre kuraklığa maruz kalmışlarsa bitki ölümleri gerçekleşmeye başlar. Fide dönemindeki bitkiler olgun bitki oldukça, kuraklığa dayanımı artmaktadır. Çünkü bitkilerdeki gövde, yapraklar ve kökler daha kalınlaştığı için kuraklığa dayanıklılığı artmaktadır. Ayrıca sebze çeşitleri arasında da kuraklığa dayanıklılık farklılık göstermektedir. Örneğin domates bitkisinin fidesi kuraklığa fasulye fidesinden daha fazla dayanım göstermektedir. Kuraklığa dayanıklılık çeşide ve döneme bağlı olduğu kadar bitki beslemesiyle de çok ilişkilidir. Özellikle sebze üretiminde, tohum ekim ve fide yetiştirme harcına iyi bir besin elementi verilerek fide elde edilmelidir. Çünkü sebze üretiminde, kaliteli bir fide üretim alanına dikildikten sonra hasat dönemine kadar gerekli besin elementleri ile gübrelenmişse, bitkilerin

gerek kuraklık gerekse olumsuz çevre şartlarına mukavemeti artmaktadır. Şekil 1 ve 2’ de kuraklık stresine dayanıklı ve dayanıksız fasulye bitkileri görülmektedir.



Şekil 1: Kuraklık stresine tolerant gösteren fasulye bitkisi (orjinal resim)



Şekil 2: Kuraklık stresine duyarlı olan fasulye bitkisi (orjinal resim)

Kuraklık stresinde fasulye, domates ve biber bitkilerinin olumsuz etkilendiği ve kuraklık stresine duyarlı genotiplerin ise kuraklık stresine hassas olan bitkilere nazaran kontrol grubundaki bitkilere yakın sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Kabay ve Şensoy, 2016; Alp ve Kabay, 2017a; Alp ve Kabay, 2017b; Kabay, 2018; Kabay, 2019b; Yaban ve Kabay, 2019).

Kuraklık stresinin domates, patlıcan ve kavun genotiplerindeki tepkilerinin belirlendiği çalışmada, patlıcan, kavun ve domates genotiplerinin kuraklık stresinden, gelişme geriliği ve enzimlerin olumsuz etkilendiği belirtilmektedir (Kıran ve ark., 2015). Kuraklığın 20 adet maş fasulyesi (*Vigna radiata*), 18 adet börülce (*Vigna unguiculata*) ve 20 adet pole sitao (*Vigna sesquipedales*) çeşidi verim, genel bitki gücü ve bazı fizyolojik parametreler açısından 2-3 yıllık çalışmada, 4 maş fasulyesi, 5 börülce ve 3 pole sitao çeşidi kuraklığa tolerans gösterdiği belirtilmektedir (Ocampo ve ark., 1992). Kuraklık stresi altında hıyarın bazı büyüme, fizyolojik ve genetik parametrelerindeki olumsuz değişimleri önleyecek anacın belirlenmesi çalışmasında, kuraklığa dayanıklı anaçlarla aşılamanın, kuraklığa duyarlı hıyarlarda, kuraklığa toleransı arttırdığı belirtilmektedir (Coşkun, 2023).

3. BİTKİLERİN KURAKLIK STRESİNE TEPKİLERİ

Kuraklık stresi, bitkilerin topraktan veya yetiştirme ortamından suyu alamamasından ve evapotranspirasyon nedeniyle suyun topraktan veya üretim ortamından buharlaşma ile bitkide terleme yoluyla su kaybı sonucu oluşur. Oluşan kuraklık stresi nedeniyle bitki iletim

demetlerinde su ve besin maddesi taşınmasında azalma meydana gelir (Göksoy ve Turan, 1991; Kacar ve ark., 2006; Özen ve Onay, 2007; Kavar ve ark., 2008; Kabay, 2019).

Yapraklarda büzüşme, yaprak alanlarında küçülme, tüylü yaprakların tüylerin artması ve dikleşmesi sonucu tüyler altındaki sıcaklığın 1-2°C düşerek transpirasyon hızının düşmesine neden olur. Hücrelerin küçülmesi, hücre duvarının kalınlaşması hücreler arası boşlukların azalması nedeniyle hem sıcaklık düşer hem de su kaybı azalır (Göksoy ve Turan, 1991; Kacar ve ark., 2006; Özen ve Onay, 2007; Kavar ve ark., 2008; Kabay, 2019). Birçok bitki kuraklık stresine cevap olarak hücrelerinde solut biriktirir. Hücre içi solut miktarının artması hücre suyunun tutulması bakımından oldukça önemlidir. Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde ozmotik ayarlama yada osmoregülasyon, meydana gelir. Böylece hücrede şekerler K⁺ iyonu ve organik asitler artarak, bitkiler kuraklık stresine karşı direnç kazanır. (Göksoy ve Turan, 1991; Kacar ve ark., 2006; Özen ve Onay, 2007; Kavar ve ark., 2008; Kabay, 2019).

SONUÇ

Kuraklık, son yıllarda bitkisel üretimde verimin azalmasına neden olarak birçok üreticiyi zarara uğratmıştır. Kuraklığın etkisini azaltmak için damla sulamanın yaygınlaştırılması, bitki besleme ve bakım işlemlerine özen gösterilmesi, organik maddelerin kullanılması, kuraklık stresine tolerant çeşitlerin kullanılması gibi bazı tedbirlerin alınmalıdır. Ancak uzun süreli kuraklıklarda, yani yaklaşık olarak bitki çeşidine bağlı olmak üzere bazı sebze türlerinde 20 gün bazı sebze

türlerinde ise 30 günden fazla süren kuraklıklar verim kaybına ve bitki zararlanmalarına neden olmaktadır.

Bitkisel üretim yapılan alanlarda ve bölgelerde, su kullanımına dikkat edilmelidir. Bölgede üretim yapan üreticiler suyu ekonomik kullanmalıdır, ev ve iş yerlerinde su tasarrufu yapılmalıdır. Üreticilerin sondaj ve kuyu vurmaları belli kurallar dahilinde izin verilmelidir. Yeraltı su varlığını ve su kaynaklarını korumak ve uzun yıllara yaymak amacıyla, su tüketiminde her birey kendine düşen su tasarrufu görevini yerine getirmelidir. Bitkisel üretimde yağmurlama ve salma sulama yerine damlama sulama yaygınlaştırılmalı ve bölgede sondaj varlığı belli düzeyde tutulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Alp, Y., & Kabay, T. (2017a). Kuraklık stresinin yerli ve ticari domates çeşitlerinde bazı fizyolojik parametreler üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2): 86-96.
- Alp, Y., & Kabay, T. (2017b). Kuraklık stresinin bazı yerli ve ticari domates çeşitlerinde bitki gelişimi üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(3): 387-395.
- Altunlu, H., Çoban, G.A., & Gül, A. (2022). Domates genotiplerinin kuraklık stresine tolerans açısından tohum çimlendirme ve vegetatif gelişme aşamalarında hızlı taranmasına uygun testlerin optimizasyonu. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(4): 697-707.
- Anonim (2012) Meteoroloji Genel Müdürlüğü. [www. Mgm.gov.tr./files/ziraat/kuraklik](http://www.Mgm.gov.tr/files/ziraat/kuraklik) 2012.
- Coşkun, Ö. (2023). Hıyarda kuraklık stresinin neden olduğu morfolojik, fizyolojik ve moleküler değişiklikler üzerine aşılamanın etkisi. *Sürdürülebilirlik*, 15 (1): 875.
- Demiralay, M. (2021). Yerel (Artvin-Şavşat) ve tescilli domates çeşitlerinde kuraklık stresine karşı tolerans seviyelerinin araştırılması. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(4): 1474-1485.
- Eriş, A. (2007). Bahçe Bitkileri Fizyolojisi. *Uludağ Üniversitesi Ders Notları* No: 11. S 107.
- Göksoy, A.T., & Turan, Z.M. (1991). Kuraklığın bitki morfolojisi ve fizyolojisi üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8: 189-199.
- Kabay, T., & Şensoy, S. (2016). Kuraklık stresinin bazı fasulye genotiplerinde oluşturduğu enzim, klorofil ve iyon değişimleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3): 380-395.
- Kabay, T. (2019a). Tarımsal Kuraklık. 3rd International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management. DOI: doi.org/10.33793/acperpro.02.02.17
- Kabay, T. (2019b). Farklı potasyum dozlarının yüksek sıcaklıktaki fasulye bitkilerine etkisi. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(1): 320-325.

- Kabay, T. (2018). Farklı postasyum dozlarının kuraklığa duyarlı fasulye bitkilerinde klorofil ve enzim üzerine etkileri .Fresenius Environmental Bülletin, 27(11): 7733-7738.
- Kacar, B., Katkat, A.V., & Öztürk, Ş. (2006) Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayın Dağıtım. Ankara, 75 – 77 – 496.
- Kavar, T., Maras, M., Kidric, M., Sustar-Vozlic, J., & Meglic, V. (2008). Identification of genes involved in the response of leaves of phaseolus vulgaris to drought stres. Molecular Breeding, 21:159-172
- Kıran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay, F., & Ellialtıoğlu, Ş.Ş. (2015). Domates, patlıcan ve kavun genotiplerinin kuraklığa dayanım durumlarını belirlemeye yönelik olarak incelenen özellikler arasındaki ilişkiler. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(2): 9-25.
- Ocampo, E.M., Sumague, A.C., & Paje, M.C.M. (1992). Baklagillerin kuraklık stresine adaptasyonu. Gıda ürünlerinin sıcaklık ve su stresine adaptasyonu.
- Özen, H.Ç., & Onay, A. (2007) Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayın Dağıtım. Ankara.
- Öztürk, E., & Sefaoğlu F. (2022). Kuraklık stresi. Bitkilerde Abiyotik Ve Biyotik Stres Yönetimi 3. Bölüm. S 68.
- Steiner, F., & Zuffo, A.M. (2019). Çimlenme ve ilk fide büyümesi sırasında dört sebze mahsulünün kuraklık toleransı. BioScience Dergisi, 35 (1): 177-186.
- Sivritepe, H.Ö. (2012). Tohum gücünün değerlendirilmesi. Alatarım Dergisi, 11(2): 33-44.
- Yaban, İ., & Kabay, T. (2019). Kuraklık stresinin Urfa biberinde iyon klorofil ve enzim içerikleri üzerine etkisi. Toprak Su Dergisi, 8(1): 11-17.
- Yan, M. (2015). Tohum hazırlama, kuraklık stresi altında Çin lahanasının çimlenmesini ve erken fide büyümesini teşvik eder. Güney Afrika Botanik Dergisi, 99: 88-92.

BÖLÜM 13

ASMALARDA GÖZ NEKROZU

Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt UYAK^{1*}

Dr. Öğr. Üyesi Adnan DOĞAN¹

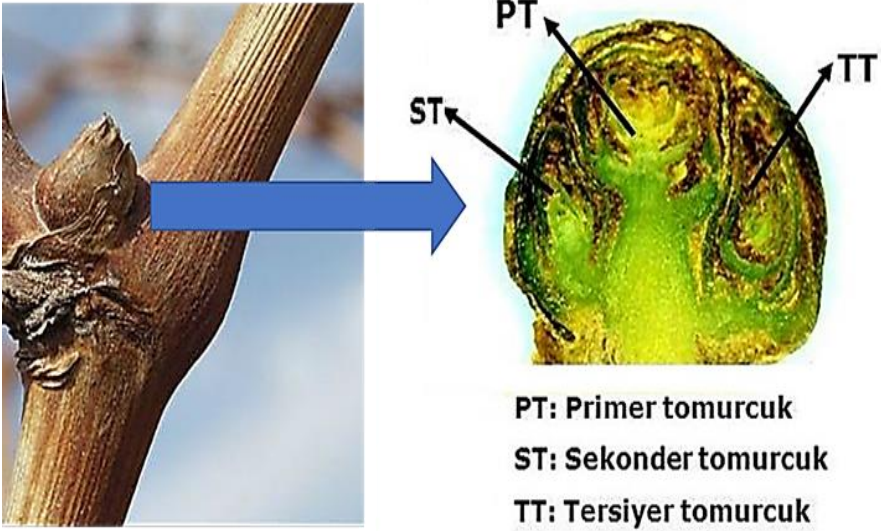
DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8285036>

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye. cuneytuyak@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6101-6845; adnandogan@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-8623-0629

*: Sorumlu yazar

GİRİŞ

Kış gözleri, boğumlar üzerinde yaprakların yaz sürgününe bağlandığı koltuk kısmında oluşur; gelişme devresi içerisinde büyüme ve gelişmelerini sürdürür ve kışı dinlenme halinde geçirdikten sonra, ertesi ilkbaharda sürerek asmanın ana ürününü üzerinde taşıyacak olan yaz sürgününü meydana getirirler. Şekilleri ve büyüklükleri tür ve çeşitlere göre farklılık göstermektedir. Kış gözleri nadiren basit yapıda olup çoğunlukla birden fazla tomurcuktan oluşmuşlardır. Asmada bulunan kış gözleri bünyesinde üç ayrı tomurcuk içerir. Bu tomurcukların en önemlisi ortadaki primer (ana) tomurcuk olup bunun altında ve üstünde, nispeten daha zayıf gelişmiş sekonder (yan) tomurcuklar bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: Kışlık Göz ve Tomurcuk Yapıları

Genellikle birincil tomurcuk, 6-10 yaprak ve salkım taslaklarını içerir. Birincil tomurcuk ilkbaharda yeni bir sürgüne dönüşürse, ikincil ve üçüncül tomurcuklar küçük kalır. Bununla birlikte, birincil tomurcuğun sürgünü hasar görür veya ölürse, ikincil tomurcuklar kaybı telafi etmek için bir sürgün geliştirebilir (Çelik ve ark., 1998).

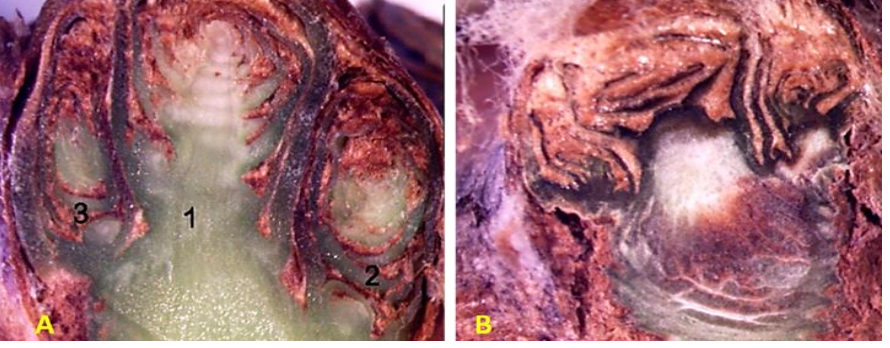
Asmalarda göz nekrozu kış gözü içerisindeki primer tomurcuğun ekseninde sıkışmış bir hücre bölgesi olarak başlayan ve ardından primer tomurcuk ekseninin ölümüyle sonuçlanan, nadir olarak ta sekonder tomurcukları etkileyen fizyolojik bir bozukluktur (Lavee ve ark., 1981; Naito ve ark., 1987; Morrison ve Iodi, 1990; Perez ve Kliewer, 1990; Wolf ve Warren, 1995). Asmalarda göz nekrozu çoğunlukla primer tomurcuğu etkilediğinden dolayı primer tomurcuk nekrozu olarak ta isimlendirilmektedir. Primer tomurcuğun ölümünün ardından primer tomurcuktan daha az verimli, daha küçük ve daha az salkım oluşturan sekonder tomurcuklar gelişmeyi devam ettirirler (Pratt, 1974; Ziv ve ark., 1981, Dry ve Coombe, 1994). Bu durum verim ve kalitede azalmaya neden olur. Primer tomurcuk nekrozu ile göz verimliliğinin ilişkili olduğu (Dry ve Coombe, 1994), öte taraftan gerçek verimlilik ile primer tomurcuk nekrozu arasında da ters bir ilişkinin olduğu bildirilmiştir (Cox ve ark., 2012). Göz nekrozu primer ve sekonder tomurcuklar arasındaki sürme oranını değiştirerek vegetatif ve generatif gelişme arasındaki dengeyi değiştirir (Vasconcelos ve ark., 2009).

Kyoho (Naito ve ark., 1986), Queen of the Vineyard (Lavee, 1987), Flame Seedless (Morrison ve Iodi, 1990), Sultana (Morrison ve Iodi, 1990; Perez ve Kliewer, 1990), Viognier (Wolf ve Cook, 1994),

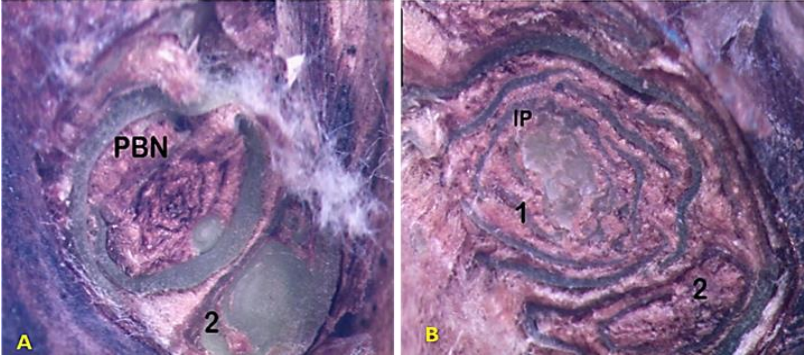
Riesling (Wolf ve Warren, 1995) ve Shiraz (Dry ve Coombe, 1994; Collins ve ark., 2006) çeşitlerinin göz nekrozuna duyarlı çeşitler oldukları bildirilmiştir. Göz nekrozunda artışa sebep olan faktörlerin; aşırı sürgün gelişimi (Lavee ve ark., 1981; Dry ve Coombe, 1994;), topraktaki yüksek azot seviyesi (Kliewer ve ark., 1994), taç gölgelemesi (Perez ve Kliewer, 1990; Wolf ve Cook, 1992), dışsal giberallik asit uygulaması (Ziv ve ark., 1981; Naito ve ark., 1986; Lavee, 1987; Collins ve Rawnsley, 2008), aşırı sulama (Kliewer ve ark., 1994) ve gözdeki düşük karbonhidrat seviyesi (Vasudevan ve ark., 1998) olduğu ifade edilmiştir.

Göz nekrozu çiçeklenme ile göz dormansisinin başlangıcı arasındaki zaman diliminde meydana gelmektedir. Göz nekrozunun ilk görsel belirtileri Queen of Vineyard, Thompson Seedless ve Kyoho çeşitlerinde tam çiçeklenmeden sonraki 20 ile 40. günler arasında tespit edilmiştir (Lavee ve ark., 1981; Naito ve ark., 1987; Morrison ve Iodi, 1990).

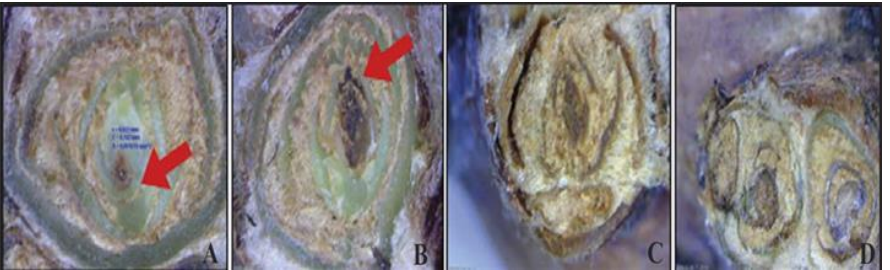
Sağlıklı ve tomurcuk nekrozuna uğramış gözlere ait görüntüler Şekil 2, 3, 4 ve 5' te sunulmuştur.



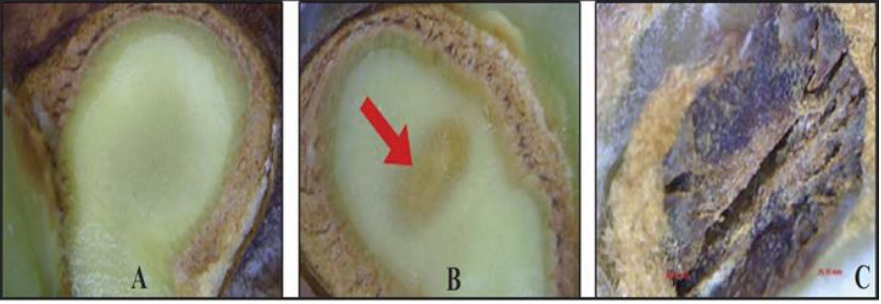
Şekil 2: İyi Gelişmiş Primer (1), Sekonder (2) ve Tersiyer (3) Tomurcuğa Sahip Sağlıklı (A) ve Tamamen Ölmüş Bir Göz (B) (Ferrara ve Mazzeo, 2021).



Şekil 3: Primer Tomurcuk Nekrozu (PBN) ve Gelişmiş Bir Sekonder Tomurcuğa (2) Sahip Bir Göz (A); Primer Tomurcuk (1) ve Çiçek Salkımı Taslağı (IP) ile Sekonder Tomurcuk Nekrozuna (2) Sahip Bir Göz (B) (Ferrara ve Mazzeo, 2021).



Şekil 4: Askari Çeşidinin Kışlık Gözünün Enine Kesiti, Primer Tomurcuk Nekrozu (PBN)'nin Başlangıcı (A), PBN'nin Gelişimi (B), Tam PNB (C), Primer, Sekonder ve Üçüncül Tomurcuk Nekrozuna (D) (Kavoosi ve ark., 2013).



Şekil 5: Askari Çeşidinin Kış Gözünde Ayrıcı Dokularla (C) Birlikte Sağlam (A) ve Ölü (B) Primer Tomurcuklar (Kavoosi ve ark., 2013).

Üzüm yetiştiriciliğinde, gözlerin sürgün üzerindeki pozisyonları ile göz nekrozu arasındaki ilişkilerin anlaşılması önemli bir konudur. Farklı üzüm çeşitlerinde göz nekrozu görülme oranları, gözlerin konumlandığı bölgeye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bazı çeşitlerde, göz nekrozu dip boğumlardaki gözlerde daha fazla iken, diğer çeşitlerde ise orta bölgedeki gözlerde daha yaygın görülmektedir. Ayrıca, gözlerdeki çiçek salkımı ayırım derecesi ile göz nekrozu arasında yüksek bir negatif ilişki tespit edilmiştir. Yüksek ayırım potansiyeline sahip gözler, düşük nekroz geliştirme eğilimine sahipken, düşük ayırım potansiyeline sahip gözler daha fazla nekrotik göz oluşturma eğilimindedirler. Göz nekrozunun gelişme mevsiminin erken dönemlerinde ortaya çıktığı ve genellikle hızlı sürgün gelişiminin olduğu dönemde dip gözlerle sınırlı kaldığı belirtilmiştir. Asmada dip gözlerdeki düşük çiçek salkımı ayırımı ve nekrozun başlangıcıyla ilgili olarak içsel gelişim düzenleyicilerin dengesi, özellikle yüksek giberallin seviyesi ile bağlantılı olduğu düşünülmüştür. Bu nedenle, gözlerin pozisyonları ve çiçek salkımı ayırımı gibi faktörlerin göz

nekrozu üzerindeki etkilerini anlamak, üzüm yetiştiriciliğinde daha verimli ve kaliteli ürün elde etme amacıyla önemli bir adım olacaktır.

Gözlerin sürgün üzerinde bulunduğu pozisyona göre, göz nekrozunun görülme oranı farklılık göstermektedir. Thompson Seedless, Flame Seedless ve Queen of Vineyard çeşitlerinde göz nekrozu görülme oranının dip boğumlardaki gözlerde uç boğumlardaki gözlerden daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Lavee ve ark., 1981; Morrison ve Iodi, 1990; Perez ve Kliewer, 1990). Aksine Kyoho ve Riesling çeşitlerinde ise dip boğumlardaki gözlerden ziyade 6. ile 15. boğumlar arasındaki gözlerde göz nekrozu görülme oranının daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Naito ve ark., 1989; Wolf ve Warren, 1995). Gözlerdeki çiçek salkımı ayırım derecesi ve göz nekrozu yoğunluğu arasında yüksek bir negatif ilişki bulunmuştur. Yüksek ayırım potansiyeline sahip gözler daha düşük nekroz geliştirme eğilimine sahip olmuşlardır. Düşük çiçek salkımı ayırımına yol açan içsel koşullar Queen of Vineyard çeşidinin gözlerindeki nekroza neden olan süreçlerinde başlangıçtır. Sürgünlerin dip kısmındaki gözler daha kuvvetli gelişme potansiyeline ve daha düşük verimliliğe sahip olup, daha fazla nekrotik göz oluşturma eğilimindedirler. Göz nekrozu gelişme mevsiminin erken dönemlerinde ortaya çıkar ve genellikle sürgün gelişiminin en güçlü olduğu dönemde gelişen dip gözlerle sınırlıdır (Lavee ve ark., 1981). Dip gözlerin verimliliğinin düşük olması bu gözlerde çiçek salkımı taslaklarının ayırım döneminin sürgün ve göz arasındaki besin rekabetinin en yüksek olduğu hızlı sürgün gelişme dönemine denk gelmesidir (Ağaoğlu, 2002). Asmalarda dip

gözlerdeki düşük çiçek salkımı ayırım oranından ve bu gözlerde nekrozun başlangıcından içsel gelişim düzenleyicilerin dengesinin özelliklede yüksek giberallin seviyesinin sorumlu olabileceği ileri sürülmüştür (Khanduja ve Balasubrahmanyam, 1972; Ziv ve ark., 1981).

1. VEJETATİF GELİŞME İLE GÖZ NEKROZU ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Göz nekrozu ile vejetatif gelişme arasındaki ilişkiler, çeşitli çalışmalarda incelenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen verilere göre, kalın sürgünlerdeki gözlerde göz nekrozu görülme oranının ince sürgünlere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, dip boğumlardaki gözler arasındaki farklılık da dikkat çekicidir. Lateral sürgünlerin varlığı ile göz nekrozu arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Güçlü sürgünler üzerindeki dip gözlerin düşük verimliliği, verimli primer sürgünlerin yerine daha az verimli ikincil sürgünlerin gelmesinin bir sonucudur. Bu durum, gözlerdeki nekrozun verim artışını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Ayrıca, sürgün seyreltmenin göz nekrozu üzerindeki etkisi bulunmaktadır. Şiddetli sürgün seyreltme, geriye kalan sürgünlerin gelişimini artırarak göz nekrozunda artışa yol açmaktadır. Ancak, sürgün seyreltme ile göz nekrozu arasındaki ilişki komplekstir ve ışıklanmadan kaynaklı göz nekrozundaki azalma, artan sürgün gelişiminin tetikleyici etkisiyle dengelenmektedir. Gölgeleme göz nekrozunun ana nedeni olmasa da, kuvvetli asmaların taçları içerisindeki zayıf ışık koşullarının göz nekrozu üzerinde dolaylı bir etkisi olabilmektedir. Farklı üzüm

çeşitlerindeki çalışmalardan elde edilen sonuçlar da çeşitlilik göstermektedir.

Asmalarda vejetatif gelişme ile göz nekrozu arasında pozitif bir ilişki mevcuttur. Kalın sürgünlerdeki gözlerde nekroz görülme oranı ince sürgünlerdeki gözlerden daha yüksektir. Kalın ve ince sürgünler arasındaki bu farklılık dip boğumlardaki gözlerde daha fazladır. Lateral sürgünlerin varlığı ile göz nekrozu arasında pozitif bir ilişki mevcuttur. Kuvvetli sürgünler üzerindeki dip gözlerin düşük verimliliği, primer tomurcuğun öldüğü gözlerdeki verimli primer sürgünler ile bir ya da daha fazla verimsiz ikincil sürgünlerin yer değiştirmesinin bir sonucudur. Bir gözdeki primer tomurcuğun ölümü bu gözün uyanmasına engel olmaz aksine sekonder tomurcukların normalden daha iyi gelişmelerine ve bu gözden iki adet ikincil sürgünün gelişmesine yol açabilir. Ancak, sekonder tomurcukların daha iyi gelişmesi verim artışına neden olmaz. Sonuç olarak, göz başına sürgün sayısında bir artış olmasına rağmen göz nekrozundan dolayı göz başına salkım sayısında azalma meydana gelir. Şiddetli sürgün seyreltmeyle sürgün gelişimi ve göz nekrozu arasında güçlü bir ilişki vardır. Şiddetli sürgün seyreltme geriye kalan sürgünlerin gelişimini arttırarak, göz nekrozunda artışa neden olmaktadır. Sürgün seyreltme sekonder ve primer sürgünler arasındaki oranı arttırdığından dolayı sürgün başına salkım sayısında azalmaya ve göz başına sürgün sayısında bir artışa neden olmaktadır. Şiddetli sürgün seyreltme geriye kalan sürgünlerin ışıklanma oranlarını arttırmakta ve göz nekrozunu azaltmaktadır. Ancak, ışıklanmadan kaynaklı göz nekrozundaki azalma, artan sürgün

gelişiminin göz nekrozunu tetikleyici etkisi tarafından baskılanmaktadır. Gölgeleme göz nekrozunun ana nedeni değildir. Gölgeleme ve göz nekrozu arasındaki ilişki kuvvetli asmaların taçları içerisindeki zayıf ışıklandırma koşullarının endirekt bir sonucudur (Dry ve Combee, 1994).

Lavee ve ark. (1981), Queen of Vineyard çeşidinde 10 mm' den daha büyük sürgün çapına sahip kalın sürgünlerde nekrotik göz oranının 2., 3. ve 4. boğumlarda en yüksek olduğunu, 4. ve 7. boğumlar arasında belirgin bir azalmanın olduğunu ve 7. boğumdan sonra ise çok düşük olduğunu tespit etmişlerdir. 10 mm' den daha az sürgün çapına sahip zayıf sürgünlerin ise benzer bir durumun olduğunu ancak 7. boğumdan sonra nekrotik gözlerin oranının kalın sürgünlerdekinden daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Kalın ve ince sürgünlerin her ikisinde de 7. boğumdan sonra nekrotik göz oranındaki azalmayla birlikte verimlilik potansiyelinde bir artış gözlemişlerdir. Üç yıllık dönem boyunca, sürgünlerin en dipteki 10 boğumunda ortalama tomurcuk nekrozu oranı kuvvetli gelişen bağlarda yaklaşık %40, orta derece gelişme gösteren bağlarda ise yaklaşık %10 olarak belirlenmiştir. Wolf ve Warren (1995), Riesling üzüm çeşidi üzerinde yürüttükleri çalışmalarında, göz nekrozunun yıllık dal çapı ve ortalama internod uzunluğu ile pozitif ilişkili olduğunu, nispeten uzun internodlu, dip internodları 10 mm veya daha kalın olan ve üç ya da daha fazla lateral sürgün meydana getiren kuvvetli sürgünlerin daha zayıf sürgünlere göre daha yüksek göz nekrozu oranına sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, taç üzerinde metre başına 10

sürgün bırakılarak seyreltme yapılan asmaların sürgünlerindeki göz nekrozu oranının metre başına 20 sürgün bırakılan asmaların sürgünlerinden daha düşük göz nekrozu oranına sahip olduklarını belirtmişlerdir. Yukarıda bahsedilen çalışmaların aksine vegetatif gelişme ile göz nekrozu arasında herhangi bir ilişki olmadığına yönelik çalışmalarda mevcuttur. Şöyle ki, Kyoho üzüm çeşidinde göz nekrozu görülme oranı ile sürgün uzunluğu, sürgün kalınlığı ve tomurcuk boyutu arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiştir (Naito ve ark., 1989).

Sürgün seyreltme hem asma üzerindeki yaprak alanını azaltması nedeniyle geriye kalan yaprakların net fotosentez oranlarını arttırması hem de kök, gövde ve yıllık dallardaki depolanmış karbonhidratların taşınmasını sağlaması nedeniyle geriye kalan sürgünlerin gelişimini arttırmaktadır (Koblet ve ark., 1993; Edson ve ark., 1995). Bu durum sürgün seyreltmesinin sürgün gelişimi üzerine olan pozitif etkisini açıklamaktadır. Kuvvetli sürgünlerle karşılaştırıldığında zayıf gelişen sürgünler daha az boğum meydana getirirler. Bu yüzden yavaş gelişen sürgünlerdeki gözler ve boğumların ihtiyaç duydukları fotosentez ürünleri kuvvetli gelişen sürgünlerin ihtiyaç duyduğundan daha azdır (Taiz ve Zeiger, 1991). Bu durum kuvvetli gelişen sürgünlerde göz nekrozunun meydana gelmesinde karbonhidrat yokluğunun muhtemel rolünü göstermektedir.

2. GÖLGELEME İLE GÖZ NEKROZU ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Gölgelemenin, ışık yoğunluğunu azaltarak göz gelişimini geciktirdiği düşünülmektedir. Buna bağlı olarak, düşük ışık yoğunluğu, fotosentez oranını azaltarak göz nekrozunu tetikleyebilir. Düşük ışık koşulları, Trikarboksilik Asit Döngüsüne (TCA) dâhil olan enzimlerin inhibe olmasına ve protein sentezi için gerekli enzimlerin aktivasyonunun azalmasına neden olabilmektedir. Bu durum, karbonhidrat ve protein seviyelerini etkileyerek göz nekrozuna sebep olabilir. Işığa maruz kalma ile göz nekrozu yoğunluğu arasında ters güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Gölgelemenin göz nekrozuna etkisi, çeşitlilik göstermektedir. Yapılan çalışmalar, düşük ışık koşullarının göz nekrozu üzerinde negatif bir etkisi olduğunu ve gölgelemenin, göz nekrozunu artırıcı etkisi olabileceğini göstermektedir. Ancak, ışık iklimasının düzeltilmesiyle göz nekrozunun azaltılabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Gölgelemenin göz nekrozuna olan net etkisi, çeşit özellikleri ve büyüme koşulları göz önünde bulundurularak daha kapsamlı çalışmalarla aydınlatılmalıdır.

Riesling çeşidinde, yapay ve bireysel göz gölgelemenin tomurcuk nekrozu oranını etkilemediği ancak, gelişimlerinin çoğunu gölgede tamamlayan sürgünlerden ya da boğumlardan alınan gözlerin iyi güneşlenmiş sürgünlerden alınan gözlere göre, göz nekrozu oranlarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Gölgeleyen ve gölgelemeyen asmalarda taç metresi başına sürgün sayısının 10' dan 20' ye çıkarılmasıyla her iki gruptaki (gölgeleyen ve gölgelemeyen)

asmalarda göz nekrozu oranını arttığı bu durumda göz nekrozu oranının gelişmeyle pozitif ilişkili olduğu, gölgelemenin ise göz nekrozunun temel nedeni olmadığı bildirilmiştir (Wolf ve Warren, 1995). Gölgelemenin ışık yoğunluğunu azaltarak göz gelişimini geciktirdiği bu nedenle göz nekrozunun gelişimi için doğrudan bir uyarıcı olarak işlev gördüğü öne sürülmüştür (Perez ve Kliewer, 1990). Gölgeleme göz nekrozuna sebep olan karbonhidrat ve proteinlerin seviyesini de değiştirebilir. Düşük ışık yoğunluğu, Trikarboksilik Asit Döngüsüne (TCA) dâhil olan enzimleri inhibe ederek, fotosentez oranını azaltmaktadır (Taiz ve Zeiger, 1991). Azalan fotosentez aminoasitlerin sentezi için gerekli olan karbon iskeletlerinin tedarikini azaltır. Düşük ışık yoğunluğu altında protein sentezi için gerekli enzimlerin çoğu aktive olmazlar (Turpin ve Weger, 1990).

Perez (1991), Thompson Seedless çeşidinde göz nekrozu yoğunluğu ile ışığa maruz kalma arasında ters güçlü ($r^2=0.92$) bir ilişkinin olduğunu, ışık yoğunluğunun %15 den %60 çıkarıldığında tomurcuk nekrozu oranının %63 ten %10 düştüğünü tespit etmiştir. Perez ve Kliewer (1990), Thompson Seedless çeşidinde çiçeklenme ve ben düşme arasındaki farklı zamanlarda 15 günlük periyotlarla %48 oranında yapay gölgeleme uygulamasının hiç gölgeleme uygulanmamış asmalara göre, göz nekrozu oranını arttırdığını, asma tacı içerisindeki ışık mikro klimasındaki iyileşmenin göz nekrozu oranını azalttığını bu bağlamda kontrol grubu asmalarda %70 olan göz nekrozunun sürgün seyreltmesi yapılan asmalarda %53 oranına gerilediğini belirlemişlerdir.

3. KARBONHİDRATLAR İLE GÖZ NEKROZU ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Karbonhidratlar, asma gözlerindeki çiçeklenme ve vejetatif gelişme süreçlerinin başlangıcında kritik bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, karbonhidrat miktarlarındaki değişimler göz gelişimine doğrudan etki edebilmektedir. Yapılan çalışmalarda, göz nekrozu yoğunluğu ile karbonhidratlar arasında çeşitlilik gösteren ilişkiler belirlenmiştir. Göz nekrozu yoğunluğu ile indirgen ve indirgen olmayan şekerler arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır. Ancak, zayıf sürgünlerde göz nekrozu yoğunluğunun düşük olmasına rağmen nişasta miktarının daha yüksek olduğu da gözlenmiştir. Göz nekrozunun görüldüğü gözlerde tomurcuk nekrozunun erken aşamalarında neredeyse hiç nişasta bulunmadığı tespit edilmiştir. Fotosentez ürünlerinin gelişmekte olan sürgün uçlarına taşınması gözlerdeki karbonhidrat eksikliğine yol açabilir. Sürgün ucu alma, karbonhidratları tüketen sürgün uçlarının gelişimini geçici bir süreyle engelleyerek fotosentez ürünlerinin meyve salkımlarına ve sürgünün dip boğumlarına taşınmasına neden olabilir. Sukroz seviyesi ile göz nekrozu arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar, gözlerdeki karbonhidrat miktarının göz nekrozuna etkisinin çeşit ve büyüme koşullarıyla bağlantılı olduğunu göstermektedir.

Karbonhidratlar gözlerdeki çiçeklenme ve vejetatif gelişme süreçlerinin başlangıcında önemli bir role sahiptirler. Karbonhidrat miktarlarındaki azalma göz gelişimine zarar verir (Hopping, 1977; Botti ve Sandoval, 1990). Naito ve ark. (1987), Kyoho üzüm çeşidinde

indirgen ve indirgen olmayan şekerler ile göz nekrozu yoğunluğu arasında pozitif bir ilişki olduğunu aksine, düşük göz nekrozu yoğunluğuna sahip zayıf sürgünlerde nişasta miktarının daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Bains ve ark. (1981), Anab-e-Shahi üzüm çeşidinde orta güçlü verimli asmaların güçlü ve verimsiz asmalara göre, nişasta, indirgen ve indirgen olmayan şekerler gibi toplam yapısal olmayan karbonhidratlar bakımından daha zengin olduklarını tespit etmişlerdir. Morrison ve Iodi (1990), Flame Seedless ve Thompson Seedless üzüm çeşitlerinde sağlıklı gözlerle karşılaştırıldığında, göz nekrozunun görüldüğü gözlerde tomurcuk nekrozunun erken aşamalarında hemen hemen hiç nişastaya rastlamamışlardır.

Fotosentez ürünlerinin gelişmekte olan sürgün ucuna doğru taşınması söz konusudur. Bu durum gözlerde nekrozla sonuçlanan karbonhidrat eksikliğine yol açmaktadır. Sürgün ucu alma karbonhidratların rekabetçi bir tüketicisi olan sürgün ucunun gelişimini geçici bir süreyle engeller ve fotosentez ürünlerinin meyve salkımlarına ve sürgünün dip boğumlarına taşınmasına neden olur (Candolfi-Vasconcelos ve Koblet, 1990).

Vasudevan (1997), sürgün ucu kesilen asmaların kontrol grubu asmalara göre, 13 ile 16. boğumlar ve 17 ile 20. boğumlarında daha yüksek göz nekrozu gözlemlemiştir. Araştırmacı, sürgün ucu almanın etkisine bağlı olarak, dip gözlerdeki nekroz yoğunluğunun düşük olmasını bu gözlerin yeterli miktarda karbonhidrat biriktirmiş olmalarına, uç gözlerdeki nekroz oranının yüksek olmasını ise sürgün ucu alma sonrasında meydana gelen lateral sürgünler gibi rekabetçi

tüketicilere karşın gözlerin yeterince karbonhidrat depolayamamalarına bağlamıştır. Sürgün ucu alınan asmaların göz dokularında sukroz, glikoz, fruktoz ve nişasta gibi karbonhidratların kontrol grubu asmalara göre daha düşük olduğunu, bunun besin maddelerinin asmanın dip kısımları yerine sürgün ucu alma sonrasında meydana gelen lateral sürgünlere taşınmasından kaynaklandığını ifade etmiştir. Chardonnay çeşidine ait asmaların göz dokularında sukroz, glikoz ve nişasta seviyeleri Riesling çeşidine göre, daha yüksek bulunmuş ve bu durum çeşit farklılığına bağlanmıştır. Sukroz seviyesi ile göz nekrozu arasında negatif bir ilişki görülmüştür. Göz nekrozunun karbonhidrat eksikliğinden kaynaklandığını ancak, göz dokularındaki düşük nişasta seviyesinin göz nekrozunun sebep olduğu yaşlanma sürecinin bir etkisi olduğunu bildirmiştir. Göz nekrozu suktozun floemde taşınmasında bir fonksiyon bozukluğuna neden olarak nişasta seviyesinde bir düşüşe sebep olabilir.

4. BESİN ELEMENTİ, GÜBRELEME VE SULAMA İLE GÖZ NEKROZU ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Besin elementleri, gübreleme ve sulama uygulamaları ile göz nekrozu arasındaki ilişkiler, asmanın sağlıklı gelişimi ve verimliliği için önemli olan faktörler arasında yer almaktadır. Aşırı gübreleme ve sulamanın göz ölümlerine neden olduğu, aynı zamanda sınırlı gübreleme ve sulama yapılan bağlarda ise göz nekrozunu arttırmaktadır. Büyüme düzenleyiciler de göz nekrozu üzerinde etkili olabilmektedir. Giberelek asit uygulamasının göz nekrozu yoğunluğunu arttırmaktadır. SADH ve paklobutrazol gibi büyüme düzenleyiciler,

giberellin biyosentezini engelleyerek göz nekrozu yoğunluğunu ve sürgün gelişme hızını azaltmaktadır. Dolayısıyla, büyüme düzenleyicilerin kullanımı, göz nekrozu üzerinde etkili bir yönetim stratejisi olabilir. Besin elementleri, gübreleme ve sulama uygulamaları ile büyüme düzenleyicilerin göz nekrozu üzerinde karmaşık ilişkiye sahip bulunmaktadır.

Kyoho üzüm çeşidinde azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, manganez ve boron gibi besin elementlerinin göz nekrozunun ortaya çıkmasıyla ilişkili olmadığı tespit edilmiştir (Naito ve ark., 1987). Anab-e-Shahi çeşidinde aşırı gübreleme ve sulamanın göz ölümlerine yol açtığı ve aşırı gelişme gösteren asmalardaki yüksek azot ve düşük karbonhidrat seviyelerinin verimsizliğe neden olduğu belirlenmiştir (Bains ve ark.,1981). Sınırlı gübreleme ve sulama yapılan bağlara kıyasla azot, fosfor, potasyum ve organik gübre ile aşırı gübrelenen bağlarda göz ölümlerinde bir artış gözlenmiştir (Bindra ve Chohan, 1976). Ancak, Çin’ de Thompson Seedless çeşidi üzerinde yürütülen bir çalışmada azot ve potasyum gübrelemesi ile göz nekrozu oluşumu arasında herhangi bir ilişki belirlenmemiştir. Aynı çalışmada, göz nekrozu üzerine sulamanın önemli bir etkisinin olduğu, sulamanın taç boyutlarını ve taç gölgelemesini arttırarak göz nekrozunu arttırdığı ve göz verimliliğini düşürdüğü bildirilmiştir (Perez, 1991).

5. BÜYÜME DÜZENLEYİCİLER İLE GÖZ NEKROZU ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Shiraz çeşidinde çiçeklenmeden bir hafta önce, çiçeklenmede ve çiçeklenmeden bir hafta sonra yapılan giberellik asit uygulamasının (100 mg L^{-1}) göz nekrozu yoğunluğunu arttırdığı, çiçeklenmeden bir hafta önce ve çiçeklenmeden bir hafta sonra uygulanan büyüme düzenleyici paclobutrazolün (100 mg L^{-1}) ise göz nekrozu yoğunluğunu azalttığı belirlenmiştir (Collins ve Rawnsley, 2008). Kyoho çeşidinde çiçeklenmeden önce veya sonra uygulanan giberellik asit (GA_3) uygulamasının 5 ila 20. boğumlar arasında göz nekrozu yoğunluğunu %100 oranında arttırmış, hiç uygulama yapılmayan kontrol grubunda ise bu oran %0-30 arasında tespit edilmiştir. Çiçeklenmeden önce ve sonra uygulanan SAHD (süksinik asit-2,2-dimetilhidrazin) uygulamalarının her ikisi de özellikle çiçeklenme öncesindeki uygulama göz nekrozu yoğunluğunu önemli ölçüde baskılamıştır (Naito ve ark., 1986). Queen of Vineyard çeşidinde çiçeklenme döneminde uygulanan giberellik asit (GA_3) dipteki beş boğumda %50 olan göz nekrozu yoğunluğunu 6 ila 12. boğumlar arasında %80'e çıkartmıştır. Araştırmacılar giberellik asit uygulamasının boğum seviyesine göre etkisinin değişmesini dip gözlerin uç gözlere göre, gelişimlerini tamamlamış olmaları nedeniyle giberellik asit uygulamasına daha az hassas olmaları ile açıklamışlardır (Ziv ve ark., 1981). Öte taraftan, Thompson Seedless çeşidinde tam çiçeklenmede ve tam çiçeklenmeden 9 ve 17 gün sonra tekrar uygulanan giberellik asidin göz nekrozu oluşumu üzerine bir etkisi belirlenmemiştir (Morrison ve

Iodi, 1990). Queen of Vineyard çeşidinde 3. ve 7. boğumlar arasındaki gözlerde özellikle tam çiçeklenmeden sonraki 5 ve 15. günde giberellik asit benzeri maddelerin kuvvetli asmalardaki gözlerde daha zayıf asmalara göre yaklaşık iki üç kat daha fazla olduğu belirlenmiş ve giberellik asit benzeri maddelerin göz nekrozundan sorumlu olduğunu rapor edilmiştir. Sürgünün ucundaki genç gözlerde göz nekrozunun görülmemesi serbest haldeki giberellin benzeri maddelerin bu gözlerde düşük seviyede olmasına bağlanmıştır (Lavee, 1987).

SADH (süksinik asit-2,2-dimetilhidrazin) ve paklobutrazol' ün göz nekrozu yoğunluğunu ve sürgün gelişme hızını azalttığı ifade edilmiştir. SADH ve paklobutrazol' ün giberellin biyosentezini engelleyerek, giberellin benzeri maddeler ve göz nekrozu arasında pozitif bir ilişkinin ortaya çıkmasına sebep oldukları belirtilmiştir (Naito ve ark., 1986; Wolf ve Warren, 1995).

6. ANAÇ İLE GÖZ NEKROZU ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Verimlilik ve göz nekrozu üzerine anaçların etkisi tam olarak bilinmemekle birlikte çalışmalardan elde edilen sonuçlar çelişkilidir. Dry ve ark. (2003), göz nekrozu üzerine anacın hiçbir etkisinin olmadığını bildirirken, Shiraz üzüm çeşidi üzerinde yürütülen bir çalışmada, göz nekrozu yoğunluğunun anaçlardan etkilendiği, kendi kökleri üzerinde yetiştirilen kontrol asmalarına göre, göz nekrozu yoğunluğunun Ramsey anacında %17, Ruggeri anacında %42 oranında daha yüksek, Schwarzmann anacında ise %34 oranında daha az olduğu tespit edilmiştir (Cox ve ark., 2012).

Collins ve Rawnsley (2005), Cabernet Sauvignon ve Shiraz çeşitlerinde anacın primer tomurcuk nekrozu yoğunluğunu önemli derecede etkilediğini, Schwarzmann ve Richter 111 ya da sadece Schwartzman anaçları üzerine aşılı Cabernet Sauvignon asmalarının primer tomurcuk nekrozu seviyelerinin Paulsen anacı üzerine aşılı asmalara göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Benzer sonuçlar Shiraz çeşidinde de gözlenmiş, Schwarzmann anacına aşılı Shiraz asmalarının primer tomurcuk nekrozu seviyesinin Riesling 1654 anacına aşılı asmalara göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir (Tablo 1). Bu sonuçlar, Cabernet Sauvignon ve Shiraz çeşitlerinde Schwartzman anacının daha yüksek primer tomurcuk nekrozuna sebep olabileceğini göstermektedir.

Tablo 1: Cabernet Sauvignon ve Shiraz Çeşitlerinde Primer Tomurcuk Nekrozu (PNB) Yüzdesi Üzerine Anacın Etkisi (Collins ve Rawnsley, 2005).

Çeşit	Anaç	% PNB
Cabernet Sauvignon	Paulsen	0.0
Cabernet Sauvignon	Kendi kökleri	5.0
Cabernet Sauvignon	Bilinmeyen	5.5
Cabernet Sauvignon	Schwarzmann ve Richter 111	12.5
Cabernet Sauvignon	Schwarzmann	13.9
Shiraz	Riesling 1654	8.1
Shiraz	Kendi kökleri	9.6
Shiraz	Schwarzmann ve Richter 111	12.5
Shiraz	Doradillo	21.6
Shiraz	Bilinmeyen	32.6
Shiraz	Schwarzmann	37.2

KAYNAKLAR

- Ağaoğlu, Y.S. (2002). Bilimsel ve Uygulamalı Bağcılık (Asma Fizyolojisi-1). Kavaklıdere Eğitim Yayınları No: 5, (Cilt 2), Ankara.
- Bains, K.S., Bindra, A.S., & Bal, J.S. (1981). Seasonal changes in carbohydrate and mineral composition of vigorous and devitalized Anab-e-Shahi grapevines in relation to unfruitfulness. *Vitis*, 20: 311-319.
- Bindra, A.S., & Chohan, J.S. (1976). Flower-bud killing in Anab-e-Shahi grapes: Effect of different cultural practices. *Indian Journal of Horticulture*, 33(1): 33-36.
- Botti, C., & Sandoval, E. (1990). Inflorescence bud induction in *Vitis vinifera* L. cv Thompson Seedless: cytohistological events and starch accumulation in the shoot apex. *Vitis*, 29: 123-131.
- Candolfi-Vasconcelos, M.C., & Koblet, W. (1990). Yield, fruit quality, bud fertility and starch reserves of the wood as a function of leaf removal in *Vitis vinifera* - evidence of compensation and stress recovering. *Vitis*, 29: 199-221.
- Collins, C., & Rawnsley, B. (2005). Improving vineyard productivity through assessment of bud fruitfulness and bud necrosis. Final report to grape and wine research & development corporation. South Australian Research and Development Institute (SARDI).
- Collins, C., Coles, R., Conran, J.G., & Rawnsley, B. (2006). The progression of primary bud necrosis in the grapevine cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.): A histological analysis. *Vitis*, 45: 57-62.
- Collins, C., & Rawnsley, B. (2008). Effect of gibberellic acid and paclobutrazol on the incidence of primary bud necrosis in cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.). *American Journal of Enology and Viticulture*, 59: 83-87.
- Cox, C.M., Favero, A.C., Dry, P.R., McCarthy, M.G., & Collins, C. (2012). Rootstock effects on primary bud necrosis, bud fertility, and carbohydrate storage in Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63 (2): 277-283.
- Çelik, H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Maraşlı, B., & Söylemezoğlu, G. (1998). Genel Bağcılık. Sun Fidan A.Ş. Mesleki Kitaplar Serisi, 253s.

- Dry, P.R., & Coombe, B.G. (1994). Primary bud-axis necrosis of grapevines. I: Natural incidence and correlation with vigour. *Vitis*, 33: 225-230.
- Dry, P.R., Anderson, K., Sepulveda, C., & Leake, M. (2003). Primary bud necrosis: Results from bud examinations in winter 2002. *Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker*, 473a: 25-27.
- Edson, C.E., Howell, G.S., & Flore, J.A. (1995). Influence of crop load on photosynthesis and dry matter partitioning of Seyval grapevines. II. Seasonal changes in single leaf and whole vine photosynthesis. *Am. J. Enol. Vitic.* 46: 469-485.
- Ferrara, G., & Mazzeo, A. (2021). Potential and actual bud fruitfulness: A tool for predicting and managing the yield of table grape varieties. *Agronomy*, 11: 1-17.
- Hopping, M.E. (1977). Yield of 'Palomino' grapevines. *N. Z. J. Exper. Agricult.* 5: 287-290.
- Kavoosi, B., Eshghi, S., Tafazoli E., Rahemi, M., & Emam, Y. (2013). Anatomical study of primary bud necrosis in *Vitis vinifera* L. cv. Askari in winter dormant bud. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 3 (2): 81-86.
- Khanduja, S.D., & Balasubrahmanyam, V.R. (1972): Fruitfulness of grapevine buds. *Economic Botany*, 26: 280-294.
- Kliwer, W.M., Perez, J., & Zelleke, A. (1994). Irrigation, nitro-gen fertilization, and fruit cane location effects on bud fruitfulness and bud necrosis of Thompson Seedless grapevines. In *Proceedings of the International Symposium on Table Grape Production*. J.M. Rantz (ed.), pp. 147-150. ASEV, Davis.
- Koblet, W., Candolfi-Vasconcelos, M.C., Aeschmann, E., & Howell, G.S. (1993). Influence of defoliation, rootstock, and training system on Pinot noir grapevines. I. Mobilization and reaccumulation of assimilates in woody tissue. *Vitic. Enol. Sci.* 48: 104-108.
- Lavee, S. (1987). Necrosis in grapevine buds (*Vitis vinifera* cv. Queen of Vineyard). III. Endogenous gibberellin levels in leaves and buds. *Vitis*, 26: 225-230.

- Lavee, S., Melamud, H., Ziv, M., & Bernstein, Z. (1981). Necrosis in grapevine buds (*Vitis vinifera* cv. Queen of Vineyard). I. Relation to vegetative vigour. *Vitis*, 20: 8-14.
- Morrison, J.C., & Iodi, M. (1990). The development of primary bud necrosis in Thompson Seedless and Flame Seedless grapevines. *Vitis*, 29: 133-144.
- Naito, R., Yamamura, H., & Yoshino, K. (1986). Effects of shoot vigor and foliar application of GA and SADH on the occurrence of bud necrosis in Kyoho grape. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science*, 55: 130-137.
- Naito, R., Yamamura, H., & Munesue, S. (1987). Studies on the necrosis in grapevine buds (III) the time of the occurrence of bud necrosis in 'Kyoho' and the relation between its occurrence and the amounts of nutritional elements in buds. *Bull. Fac. Agric. Shimane Univ.* 21: 10-17.
- Naito, R., Ueda, H., & Munesue, S. (1989). Studies on the necrosis in grapevine buds (IV) relationship between the occurrence of bud necrosis and the shoot emerging from lateral buds on fruiting canes in 9 Japanese leading cultivars. *Bull. Fac. Agric. Shimane Univ.* 23: 1-6.
- Perez, J. (1991). The influence of nitrogen fertilization on bud necrosis and bud fruitfulness of grapevines. *Proc. Intl. Symp. Nitrogen in Grapes and Wine*, Seattle, Wash., 18-19 June 1991. p. 110-115.
- Perez, J., & Kliewer, W.M. (1990). Effect of shading on bud necrosis and bud fruitfulness of Thompson Seedless grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 41: 168-175.
- Pratt, C. (1974). Vegetative anatomy of cultivated grapes—A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 25: 131-150.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (1991). *Plant Physiology*, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., California.
- Turpin, D.H., & Weger, H.G. (1990). Interactions between photosynthesis, respiration and nitrogen assimilation. In Dennis, D. T. and Turpin, D. H. (ed.) *Plant Biochemistry and Molecular Biology*, Longman Scientific and Technical, New York.

- Vasconcelos, M.C., Greven, M., Winefield, C.S., Trought, M.C.T., & Raw, V. (2009). The flowering process of *Vitis vinifera*: A Review. American Journal of Enology and Viticulture, 60 (4): 411-434.
- Vasudevan, L. (1997). Anatomical developments and the role of carbo-hydrate or mineral nutrient deficiency in bud necrosis of Riesling grapevines (*Vitis vinifera* L.). Ph.D. thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, USA.
- Vasudevan, L., Wolf, T.K., Welbaum, G.G., & Wisniewski, M.E. (1998). Reductions in bud carbohydrates are associated with grapevine bud necrosis. Vitis, 37: 189-190.
- Wolf, T.K., & Cook, M.K. (1992). Seasonal deacclimation patterns of three grape cultivars at constant, warm temperature. American Journal of Enology and Viticulture, 43: 171-179.
- Wolf, T.K., & Cook, M.K. (1994). Cold hardiness of dormant buds of grape cultivars: Comparison of thermal analysis and field survival. HortScience, 29: 1453-1455.
- Wolf, T.K., & Warren, M.K. (1995). Shoot growth rate and density affect bud necrosis of 'Riesling' grapevines. Journal of the American Society for Horticultural Science, 120: 989-989.
- Ziv, M., Melamud, H., Bernstein Z., & Lavee, S. (1981). Necrosis in grapevine buds (*Vitis vinifera* cv. Queen of Vineyard). II. Effect of gibberellic acid (GA₃) application. Vitis, 20: 105-114.

BÖLÜM 14

TÜRKİYE' DE BUĞDAY BİTKİSİNDE TESPİT EDİLEN VİRAL HASTALIKLARA İLİŞKİN GÜNCEL LİTERATÜR TARAMASI

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah GÜLLER¹

Doç. Dr. Mustafa USTA^{2*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8285049>

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bingöl, Türkiye. aguller@bingol.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-3887-4208

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Van, Türkiye. mustafausta@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3940-2774

* Sorumlu yazar

GİRİŞ

Buğday (*Triticum* spp.), küresel olarak yaklaşık dünya nüfusunun yaklaşık %33' ünün en önemli temel gıda maddelerinden biridir. Ayrıca tüketicilerine dünya çapında tüketilen günlük protein ve enerjinin yaklaşık %20' sine kaynaklık eder (Breiman ve Graur, 1995). Sürekli gelişen dünyada gıda güvenliği açısından, pirinçten sonra gelen ikinci önemli gıda ürünüdür (Curtis ve ark., 2002). Aynı zamanda küresel olarak, 2019 yılında tahmini 38.8 milyar dolar değeriyle en çok ticareti yapılan ihracat ürünüdür (URL-1).

Günümüzde buğday, yaklaşık 150 milyar dolar değeri ve 765 milyon tonluk küresel üretimle 218 milyon hektardan fazla bir alanda yaygın bir şekilde yetiştirilmektedir (URL-2). Gelecekte ise bu rakamların, 2050 yılına kadar tahmini 9.6 milyar artacak olan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için daha da artması gerekmektedir (Shewry ve Tatham, 2016). Bu da hem yerel hem de küresel olarak genetik dayanıklılığın geliştirilmesi ve buğday üretimi için önemli bir tehdit oluşturan abiyotik ve biyotik streslerle mücadele gibi engellerin aşılmasıyla mümkün olabilir. Yüksek performanslı çeşitler geliştirme arayışındaki genetik tekdüzelik, patojenlerin hızla gelişmesine ve ortaya çıkan hastalıkların küresel buğday üretimini tehdit ettiği noktaya kadar savunmasız kalmasına yol açmıştır.

Buğday birçok hastalık ve zararlının da ana konukçusudur ve her yıl dünya çapındaki buğday üretiminin yaklaşık %20' si zararlılar ve hastalıklar nedeniyle yok olmaktadır (Bhavani ve ark., 2021). Buğday hastalıkları, hem verimi hem de tahıl kalitesini etkileyerek buğday

tarımında önemli bir kısıtlamaya neden olur (Oerke, 2006). Genel olarak, hastalıklara bağlı potansiyel tahıl verimi kayıplarının %18 olduğu ve mevcut hastalık kontrolü altındaki fiili kayıpların %13 olduğu tahmin edilmektedir. Buğday hastalıklarının verdiği zarar ölçüğü yıldan yıla değişebilse de, bu ölçekte konukçu çeşitlerin hassasiyetinin önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Singh ve ark., 2016).

Birçok fungal, bakteriyel ve nematod hastalığının dışında, viral hastalıklar da buğdayı hem nicelik hem de nitelik açısından olumsuz etkilemektedir (Bockus ve ark., 2010). Dünyanın farklı yerlerinde yaklaşık 50 virüsün doğal olarak arpa ve buğdayı enfekte ettiği bilinmektedir. Sarı cücelik virüsleri (YDV' ler) olarak adlandırılan Luteoviridae familyasından 3 furovirus, 4 bymovirus ve buğday cücelik virüsü (wheat dwarf virus, WDV) olmak üzere sekiz virüs buğday ve arpa için çok tahripkardır. *Bymovirus* cinsine (Potyviriidae familyası) veya *Furovirus* cinsine (Virgaviridae familyası) ait virüsler, kökü enfekte eden *Polymyxa graminis* (Rao ve Brakke, 1969) tarafından bulaşır. Buna ek olarak, Luteoviridae familyasındaki arpa sarı cücelik virüsleri (BYDV) afitler tarafından bulaştırılırken, Geminiviridae familyasındaki *Mastrevirus* cinsinin bir üyesi olan buğday cücelik virüsü (WDV) yaprak zararlısından bulaştırılır. Ayrıca, Potyviriidae familyasındaki *Tritimovirus* cinsine ait akarla bulaşan buğday streak mozaik virüsü (WSMV), buğdayın önemli viral patojenleridir (Bockus ve ark., 2010).

Buğday ve arpa virüslerini kontrol etmek için mümkün olduğunca virüslerin bitki türlerinin rezervuarlarının yok edilmesi önemli bir stratejidir. Bunun yanı sıra YDV' lerin ve WDV' nin hava kaynaklı vektörlerini kontrol etmek, tohumlara pestisitlerle müdahale etmek veya alternatif olarak fidelere püskürtmek virüs hastalığının yayılmasını ve enfeksiyon oranının düşürülmesine yardımcı olabilir (Lapierre ve Hariri, 2008).

Türkiye' de yetiştirilen buğdaylarda ekonomik açıdan önemli olan birçok viral hastalık etmeni rapor edilmiştir. Viral hastalıklar aynı zamanda pirinç, arpa gibi insan beslenmesinin diğer gıda öğelerinde de verim ve kalite kaybına neden olabilmektedir. Bu kapsamda, bu çalışmanın çıktıları, buğdayın viral hastalıklarıyla ilgilenen araştırmacılara önemli bir literatür özeti olacak ve aynı zamanda geçmişten günümüze viral hastalıkların dağılımına ışık tutacaktır. Diğer yandan, viral etmenlerin tespit edildiği bölgeler ve yakın çevrede buğday tarımı yapılması esnasında hangi viral etmenin varlığına dair bilgiler sunacağından virüs ile spesifik mücadele yapılabilmesine katkıda bulunacaktır.

1. TÜRKİYE' DE BUĞDAY BİTKİSİNDE TESPİT EDİLEN VİRAL HASTALIKLAR

Türkiye' de buğday bitkisinde tespit edilen viral hastalıklar üzerine yapılmış olan çalışmalar Tablo 1' de özetlenmiştir.

Tablo 1: Türkiye’de Buğday Bitkisinde Virüs Hastalıklarına Ait Detaylandırılmış Bilgiler

Virüs	Lokasyon	Semptomlar	Kaynak	Test	Referans
BSMV (-) WSMV	Konya Eskişehir Çorum Ankara	-	Tohum	DAS-ELISA	Akbaş ve ark. (2005)
WSMV	İzmir civarı	Yapraklarda soluk yeşil veya sarımsı çizgi, beneklenme, bodurluk, başakların buruşması	Yaprak	Mekanik inokulasyon	Bremer (1971)
BYDV	Aydın İzmir	-	Buğday örneği	DAS-ELISA RT-PCR	Çapkan ve Paylan (2016)
BYDV- PAV BYDV- MAV	Samsun Amasya	Virüs benzeri semtomlar	Yaprak	DAS-ELISA	Deligöz ve ark. (2011)
WSSMV BYDV-PAV BYDV-MAV MDMV JGMV (-) SBWMV (-) BaMMV (-) BaYMV (-)	Samsun	Cücelesme, yapraklarda mozaik, sarı seritler, deformasyon kırılma, kızarma ve morarma	Toprak ve yaprak örnekleri	DAS-ELISA Tuzak bitki testi	Erkan ve Kutluk Yılmaz (2009)
BYDV-MAV BYDV-PAV WDV CYDV-RPV BMV	Tekirdağ	Sararma, bodurlaşma veya çizgilenme	Yaprak	Serolojik	Köklü (2004)
WSMV BSMV	Isparta Burdur	-	Tohum	DAS-ELISA	Kılıç ve ark. (2012)
BYDV-MAV	Afyon Isparta	Kök gelişiminde zayıflama, kardeşlenen	Yaprak	DAS-ELISA	

BYDV-PAV		sürgün sayısında azalma şiddetli cücelik, yapraklarda sararma ve kızarma			Kılıç ve ark. (2019)
Buğday mozaik virüsü	Eskişehir	Hafif mozaik, koyu yeşil renklenme, rozetlenme ve cücelik	Yaprak	Tarla, petri ve saksı denemeleri Elektron mikroskobu	Kurçman (1981)
SBWMV BSMV	Eskişehir	Kloroz, şiddetli bodurluk, başaklanma ve verimsizlik	Yeşil aksam Kök Toprak	Serolojik	Kose ve Ertunç (1999)
BYDV-PAV WSMV	Edirne, Kırklareli Tekirdağ	Sararma, bodurlaşma, çizgi mozaik, kardeş nekrozu, beneklenme ve verimde azalma	Yaprak ve bitki örnekleri	DAS-ELISA RT-PCR	İlbağı ve ark. (2005)
BYDV-PAV CYDV-RPV	Edirne Kırklareli Tekirdağ	Virüs şüpheli örnekler	Yaprak materyali	DAS-ELISA RT-PCR	İlbağı (2017)
WSMV	Edirne Kırklareli Tekirdağ	Yapraklarda şiddetli mozaik, sürgünlerde nekroz, bodurluk ve verim kaybı	Yaprak materyali	DAS-ELISA	İlbağı ve ark. (2003a)
BYDV-MAV	Kırklareli Tekirdağ	Virüs şüpheli örnekler	Yaprak materyali	DAS-ELISA RT-PCR	İlbağı (2017)
BYDV-PAV BYDV-RMV BYDV-SGV CYDV-RPV	Eskişehir Konya				

WDV		Virüs şüpheli örnekler	Yaprak materyali	DAS-ELISA	İlbağı ve ark. (2003b)
BYDV-PAV CYDV-RPV	Çanakkale				
BYDV-RMV CYDV-RPV	Balıkesir İzmir				
BYDV-RMV CYDV-RPV BYDV-PAV WDV	Afyon				
BYDV-RMV WDV	Nevşehir				
WDV BYDV-PAV BYDV-MAV	Konya Kayseri				
BYDV-PAV BYDV-RMV BYDV-MAV CYDV-RPV WDV	Sivas				
BYDV-PAV BYDV-RMV	Tokat Kırklareli				
WDV	Ankara				
BYDV-PAV	Edirne				
BYDV-PAV BYDV-SGV CYDV-RPV BYDV-RMV	Mardin	Bayrak yapraklarda kırmızımsı renk, bodurlaşma ve yapraklarda klorotik şerit desenler	Yaprak	Multiplex-RT-PCR	Karaoz an ve Usta (2020)
BYDV-PAV BYDV-SGV CYDV-RPV	Diyarbakır	Rastgele yaprak örnekleri	Yaprak	Multiplex-RT-PCR	Hassan ve ark. (2018)
BYDV-PAV BYDV-SGV WSMV	Malatya Elazığ Muş	Semptomlu ve semptomsuz yaprak örnekleri	Yaprak	Multiplex-RT-PCR	Usta ve ark. (2020)
BYDV-PAV BYDV-SGV CYDV-RPV	İğdir Van				
BYDV-PAV BYDV-SGV WSMV CYDV-RPV	Bitlis				
BYDV-PAV	Erzurum				

BYDV-SGV	Ağrı Erzincan				
BYDV-PAV (-) BYDV-SGV (-) WSMV (-) CYDV-RPV (-)	Kars				
BYDV-PAV CYDV-RPV	Şırnak	Semptumlu ve semtomsuz yaprak örnekleri	Yaprak	Multiplex- RT-PCR	Kapan (2022)
BYDV-PAV BYDV-MAV	Adana	Virüs şüpheli bitkiler	Yaprak	RT-PCR DAS-ELISA	Çetiz (2022)
BYDV-PAV	Uşak Kütahya Manisa (-) Denizli (-) İzmir (-)	BYDV şüpheli	Yaprak	RT-PCR	Yorgan cı (2021)
BYDV-MAV	Aydın				
WDV	Afyon Ankara Kırşehir Konya Nevşehir Yozgat	WDV şüpheli	Yaprak	RT-PCR	Morca ve ark. (2022)

JGMV: Johnson grass mosaic virüs, SBWMV: Soilborne wheat mosaic virus, WSSMV: Wheat spindle streak mosaic virus, BaMMV: Barley mild mosaic virus, BaYMV: Barley yellow mosaic virus, MDMV: Maize dwarf mosaic virus, BYDV: Barley yellow dwarf luteovirus, WSMV: Wheat streak mosaic virus, CYDV-RPV: Cereal yellow dwarf polerovirus, BSMV: Barley stripe mosaic hordeivirus, WDV: Wheat dwarf monogeminivirus, BMV: Brom mosaic bromovirus, BYDV-RMV: Barley yellow dwarf virüs-RMV.

Bu çalışmada Şubat-2023 tarihine kadar olan raporlar ele alınmıştır. (-): mevcut değil ya da bulunamadı anlamına gelmektedir.

Türkiye’ de buğdayda viral hastalıklar ile ilgili yürütülen farklı çalışmalara da rastlanmaktadır. Fakat çalışmanın kaynağına ulaşılamaması ya da eser içinde netlik olmaması nedeniyle konukçu, lokasyon veya viral etmenin netliğinde bir belirsizlik söz konusudur.

Pocsai ve ark. (2003), Türkiye' nin farklı lokasyonlarında tahıl ekim alanlarında kışlık buğday, kışlık ve baharlık arpa tarlalarında tahıl virüsleri ile ilgili incelemeler gerçekleştirmişlerdir. DAS-ELISA ile testlenen çalışmada, BYDV-PAV, BYDV-RMV, CYDV-RPV ve WDV virüsleri belirlenmiştir. Diğer yandan Mamluk ve ark. (1997), İç Anadolu Bölgesi' nde buğday ve arpa hastalıklarını araştırmak için Adana, Ulukışla, Niğde, Kayseri, Sivas, Erzincan, Niksar, Tokat, Amasya, Havza, Samsun, Bafra, Gerze, Kabalı, Taşköprü, Kastamonu, Araç, Karabük, Gerede, Bolu, Adapazarı, Nallıhan, Ayas, Ankara, Polatlı, Sivrihisar, Eskişehir, Uşak, Afyon, Burdur, Isparta, Akşehir, Kadınhanı, Konya, Karaman, Ereğli ve Ulukışla istikametinde surveyler gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada BYDV-PAV, BYDV-MAV serotipleri ile Barley yellow striate mozaik virüs (BYSMV) etmenleri tespit edilmiştir. Bıçkıcı (2004), Doğu Akdeniz Bölgesi' nde arpa sarı cücelik virüsünü saptamak ve yaygınlık oranlarını belirlemek amacıyla biyolojik, serolojik ve elektron mikroskopi (EM) testler gerçekleştirmiş ve vektörle taşıma denemeleri yapmıştır. Arazi gözlemlerinde değişik belirtiler gösteren şüpheli örnekler toplanmış ve BYDV' nin varlığı saptanmıştır.

SONUÇ

Tahıllar arasında buğday hem ekonomik anlamda hem de insan ve hayvanların gıda kaynağı oluşturması açısından önemli bir yere sahiptir. Artan insan ve hayvan nüfusuna bağlı olarak hem üretim ve hem de verim miktarının artırılması günümüzde kritik önem taşımaktadır. Tahıl ve özellikle de buğday üretimini baltalayan fizyojen

etmenlerin dışında yaklaşık 77 farklı hastalık etmeni rapor edilmiş (Wiese, 1987) ve bu sayı gelişen teşhis metotları sayesinde giderek atmaktadır. Dünyanın önde gelen buğday üreticisi ülkeleri arasında yer alan Türkiye’de de dane verimi ve ürün kalitesini önemli ölçüde düşüren hastalık etmenlerinin başında viral hastalıklar gelmektedir.

Literatür bilgilerine göre, ülkemizde sıklıkla çalışılan ve araştırılan viral patojenler şunlardır; Johnson grass mosaic virüs (JGMV), Soilborne wheat mosaic virus (SBWMV), Wheat spindle streak mosaic virus (WSSMV), Barley mild mosaic virus (BaMMV), Barley yellow mosaic virus (BaYMV), Maize dwarf mosaic virus (MDMV), Barley yellow dwarf luteovirus (BYDV), Wheat streak mosaic virus (WSMV), Cereal yellow dwarf polerovirus (CYDV-RPV), Barley stripe mosaic hordeivirus (BSMV), Wheat dwarf monogeminivirus (WDV), Brom mosaic bromovirus (BMV), Wheat dwarf virus (WDV).

Buğday viral hastalıkları ile mücadelede ya da verim kayıplarını minimize etmede başta dayanıklı çeşit seçilmesi gelmektedir. Fakat seçilen çeşit, her viral hastalığa yeterli ya da tam dayanıklılık sağlamamaktadır. Bu nedenle, bunun yanında, epidemilerin önünü alabilmek için diğer kontrol yöntemlerinin hayata geçirilmesi önem arz etmektedir. Bunların başlıcaları geç ekim yapmak, ekim nöbetine önem vermek, yabancı otlarla etkili mücadele (özellikle de yabancı buğdaygiller), sıra ve dikim aralığına özen göstermek ve gereği kadar tohum atmak, fazla azotlu gübre kullanmamak veya toprak analizi sonuçlarına göre makul gübre seçmek, sertifikalı kaynaklardan tohum

seçmek ve üst üste aynı ya da akraba ürünleri aynı tarlaya ekmemek sayılabilir.

KAYNAKLAR

- Akbaş, B., İlhan, D., & Güner, Ü. (2005). Orta Anadolu Bölgesi' nde tohumluk olarak kullanılan buğday tohumlarında virüs varlığı. *Bitki Koruma Bülteni*, 45(1-4): 55-60.
- Bhavani, S., Singh, P.K., Qureshi, N., He, X., Biswal, A.K., Juliana, P., Dababat, A., & Mourad, A.M.I (2021). Globally important wheat diseases: status, challenges, breeding and genomic tools to enhance resistance durability. In: Kole, C. (eds) *Genomic Designing for Biotic Stress Resistant Cereal Crops*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75879-0_2 pp: 59-128.
- Bıçkıcı, K. (2004). Doğu Akdeniz Bölgesi' nde buğdaygillerde arpa sarı cücelik virüsünün (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV) saptanması ve yaygınlık oranının belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bitki Koruma Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Adana. 68 s.
- Bockus, W.W, Bowden, R.L, Hunger, R.M, Morrill, W.L, Murray, T.D, & Smiley, R.W (eds) (2010) *Compendium of wheat diseases and pests*, 3rd edn. The American Phytopathological Society, pp 1-171.
- Breiman, A, & Graur, D. (1995) *Wheat evolution*. *Israel Journal of Plant Science*, 43: 85-98.
- Bremer, K. (1971). Wheat streak mosaic virus in Turkey/Il virus del mosaico striato del Frumento in Turchia. *Phytopathologia Mediterranea*, 10(3): 280-282.
- Curtis, B.C, Rajaram, S., & Gomez, M. (2002). *Bread Wheat: Improvement and Production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Çapkan, D., & Paylan, İ. (2016). Ege Bölgesi buğday üretim alanlarında Barley yellow dwarf virus (BYDV)' nin bulunma durumunun ve moleküler özelliklerinin belirlenmesi üzerinde araştırmalar. Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresi, s.5-8.
- Çetiz, N. (2022). Adana ve civarında buğday yetiştirilen alanlarda arpa sarı cücelik hastalığıyla ilişkili virüslerin (Barley yellow dwarf virus, BYDV) saptanması ve karakterizasyonu. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Bitki Koruma Anabilim Dalı. Adana. s.85

- Deligöz, İ., Caner, Y.K., & Akyol, H. (2011). Samsun ve Amasya illerinde buğday üretim alanlarında enfeksiyona neden olan barley yellow dwarf virus-PAV ve barley yellow dwarf virus-MAV virüslerinin araştırılması. *Bitki Koruma Bülteni*, 51(2): 187–193.
- Erkan, E., & Kutluk Yılmaz, N.D. (2009). Samsun ili buğday üretim alanlarında enfeksiyon oluşturan virüslerin saptanması. *Anadolu Tarım Bilim. Dergisi*, 24(2): 67–75.
- Hassan, N.O., Usta, M., Al-Maarroof, E.M., Güller, A. (2018). The incidence of barley yellow dwarf viruses (BYDVs) in wheat crops in Diyarbakir (Turkey) and sequence characterization of BYDV-PAV. *YYU Journal of Agricultural Science*, 28: 140–149.
- İlbağ, H., Yorgancı, U., Citir, A., & Rabenstein, F. (2003a). Occurrence of wheat streak mosaic virus (WSMV) on cereals in Trakya region in Turkey. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 32(2): 81–89.
- İlbağ, H., Pocsai, E., Çıtır, A., Muranyi, I., Vida, G., & Korkut, K.Z. (2003b). Results of two years study on incidence of barley yellow dwarf viruses, cereal yellow dwarf virus-RPV and wheat dwarf virus in Turkey. 3rd International Plant Protection Symposium at Debrecen University, 15-16 October, Debrecen-Hungary, pp. 53–63.
- İlbağ, H., Citir, A., & Yorgancı, Ü. (2005). Occurrence of virus infections on cereal crops and their identifications in the Trakya region of Turkey/Das Auftreten von Virusinfektionen an Getreide und ihre Identifizierung in der türkischen Region Thrakien. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz/Journal of Plant Diseases and Protection*, 313–320.
- İlbağ, H. (2017). Tahıl üretim alanlarında sarı cücelik virüs hastalıkları (Yellow dwarf virus diseases) epidemisi ve mücadelesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 57(3): 317–335.
- Kapan, O. (2022). Şırnak ili buğday üretim alanlarındaki arpa sarı cücelik virüs (Barley yellow dwarf viruses;BYDVs)' lerinin multipleks RT-PCR yöntemiyle araştırılması ve bazı virüs izolatlarının moleküler

- karakterizasyonu. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bitki Koruma Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Van. s.102.
- Karaozan, A., & Usta, M. (2020). Concurrent detection of five yellow dwarf viruses (B/CYDVs) in wheat in Mardin (Turkey) and phylogenetic relationship of BYDV-PAV. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(4): 1862–1872.
- Kılıç, H.Ç., Altındal, D., Yardımcı, N., & Akgün, L. (2012). Farklı buğday çeşiti tohumlarında wheat streak mosaic virus ve barley stripe mosaic virus' ünün DAS-ELISA yöntemi ile araştırılması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1): 17–25.
- Kılıç, H.Ç., Yardımcı, N., & Toman, D. (2019). Afyonkarahisar ve Isparta illerindeki buğday üretim alanlarında barley yellow dwarf virus-PAV ve barley yellow dwarf virus-MAV' ın belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(1): 129–134.
- Kose, A., & Ertunç, F. (1999). Virus diseases of wheat and barley in Eskisehir province. *Journal of Turkish Phytopathology*, 28(1/2): 55–62.
- Köklü, G. (2004). Occurrence of cereal viruses on wheat in Tekirdag, Turkey. *Phytoprotection*, 85(1): 19–25.
- Kurçman, S. (1981). Eskişehir ilinde buğdayda görülen buğday mozayik virüs hastalığı üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*. 2(1): 1–17.
- Lapierre, H.D., & Hariri, D. (2008). Cereal viruses: wheat and barley. Editor(s): Brian W.J. Mahy, Marc H.V. Van Regenmortel, *Encyclopedia of Virology (Third Edition)*, Academic Press, Pages 490–497, ISBN 9780123744104, <https://doi.org/10.1016/B978-012374410-4.00701-9>.
- Mamluk, O.F., Çetin, L., Braun, H.J., Bolat, N., Bertschinger, L., Makkouk, K.M., Yıldırım, A.F., Saari, E.E., Zencirci, N., Albustan, S., Çalı, S., Benival, S.P.S., & Düşünceli, F. (1997). Current status of wheat and barley diseases in the Central Anatolian Plateau of Turkey. *Phytopathologia Mediterranea*, 36, 167–181

- Morca, A.F., Coskan, S., & Akbas, B. (2022). Phylogenetic diversity of barley-and wheat-specific forms of wheat dwarf virus in Turkey. *Cereal Research Communications*, 50:1029–1036.
- Oerke, E.C. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Sciences*, 144: 31–43. doi: 10.1017/S0021859605005708.
- Pocsai, E., Çıtır, A., İlbağı, H., Köklü, G., Korkut, K., Muranyi, I., & Vida, G. (2003). Incidence of barley yellow dwarf viruses, cereal yellow dwarf virus and wheat dwarf virus in cereal growing areas of Turkey. *Agriculture*, 49:583–591.
- Rao, A.S., & Brakke, M.K. (1969). Relation of soil-borne wheat mosaic virus and its fungal vector, *Polymyxa graminis*. *Phytopathology*, 59: 581–587.
- Shewry, P.R., & Tatham, A.S. (2016). Improving wheat to remove coeliac epitopes but retain functionality. *Journal of Cereal Science*, 67:12–21.
- Singh, R.P., Singh, P.K., Rutkoski, J., Hodson, D.P., He, X., Jørgensen, L.N., Hovmøller, M.S., & Huerta-Espino, J. (2016). Disease impact on wheat yield potential and prospects of genetic control. *Annual Review of Phytopathology*, 54: 303–322.
- Usta, M., Sipahioglu, H.M., & Guller, A. (2020). Incidence and molecular characterisation of viruses infecting wheat in Eastern Anatolia (Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(9):7257–7266.
- Wiese, M.V. (1987). *Compendium of wheat diseases*. A.P.S Pres.St.Paul Minnesota. USA, 106 p.
- Yorgancı, S. (2021). Bazı buğday genotiplerinin barley yellow dwarf virus (BYDV) ne markör destekli seleksiyon ile dayanıklılıklarının belirlenmesi ve reaksiyonlarının değerlendirilmesi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bitki Koruma Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Aydın. 148 sayfa.
- URL-1. www.worldstopexports.com. (Erişim Tarihi: 05.06.2023)
- URL-2. <https://www.statista.com/statistics/267268/production-of-wheat-worldwide-since-1990/>. (Erişim Tarihi:05.06.2023).

BÖLÜM 15

DÜNYA ORGANİK BİTKİSEL ÜRETİM ALANLARI, AB ORGANİK RUMİNANT HAYVANCILIK ÜRETİMLERİ VE TÜRKİYE' DE DURUM

Doç. Dr. Selçuk Seçkin TUNCER^{1*}

Prof. Dr. Ahmet TEKELİ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8285052>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Van, Türkiye.
selcukseckintuncer@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8252-8009;
atekelim@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6525-7267

*: Sorumlu yazar

GİRİŞ

Organik tarımın birçok tanımı yapılmıştır. Reddy (2010), organik tarımı, biyolojik çeşitlilik, biyolojik döngüler ve toprağın biyolojik aktivitesi dahil olmak üzere tarımsal ekosistemi koruyan, destekleyen ve geliştiren bütünsel bir üretim yönetim sistemi olarak ifade etmiştir. Bedük (2012)' nin bildirdiğine göre Lampkin organik tarımı; kabul edilebilir düzeyde üretilen bitki, hayvan ve insan besinlerini hastalık ve zararlılardan korumak ve tekrar geri dönüşümü sağlamak amacıyla çevresel ve ekonomik olarak sürdürülebilir üretim sistemlerini entegre etmek olarak tanımlamıştır. Hartmann ve ark. (2012), organik tarımı, tarımsal ekosistemlerin sürdürülebilirliğini ve sağlıklı gıdaların üretimini destekleyen bir üretim yönetim sistemi olarak belirtmiş ve temel amacının doğal kaynakları (toprak, su ve biyolojik çeşitlilik) korumak olduğunu bildirmiştir. Bir başka tanımlamada organik tarım; insan, flora, fauna ve toprak bileşenlerinden oluşan bir organizmanın doğa ile uyum içinde yönetimi olarak ifade edilmiştir (BMEL, 2022).

Organik; İngiltere' de organik, Almanya' da ekolojik ve Fransa' da biyolojik olarak ifade edilmekle beraber Avrupa Birliği organik tarım yönetmeliğinin 2092/91 sayılı yönetmeliğiyle aynı anlamda kelimeler olarak kabul edilmiştir (Demiryürek, 2011). Organik tarım ilk olarak 1924' te gündeme gelen biyodinamik tarım ile aralarında önemli farklar olmakla birlikte doğaya uyum bakımından ilkesel yakınlığı nedeniyle düşünsel tarihi 20. yüzyılın ilk çeyreğine kadar uzanmaktadır (BMEL, 2022). Deneysel olarak ilk uygulamalı faaliyeti ise 1950' lerde başlamıştır (Hartmann ve ark., 2012). Organik tarımın ilke ve

uygulamaları hakkındaki standartların oluşumu ve yayılmasında, 1972 yılında Fransa'da kurulan Uluslararası Organik Tarım Hareketleri Federasyonu (IFOAM) önemli görevler üstlenmiştir (Arslan, 2009; Çelikyürek ve Karakuş, 2018). Organik tarım; işletmenin kendi yem ihtiyacını üretmesine, toprak verimliliğinin korunma ve geliştirilmesine ve hayvancılıkta hayvan refahının korunmasına önem veren bir yöntem olarak diğer tarımsal faaliyetlerden farklılaşmaktadır (BMEL, 2022).

Küresel ekonomide organik gıda ve içeceklerin pazar payı 97 milyar dolara ulaşarak ekonomide önemli bir paya sahip olmuştur. Organik gıda satışları sağlıklı bir oranda artsa da hâlâ devam eden zorluklar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; artan sayıda standart, talep yoğunlaşması (satışların %90' ı Kuzey Amerika ve Avrupa' da yapılmaktadır) ve arz sıkıntısı olarak belirtilmektedir (Sahota, 2019).

Burada sunulan çalışmada, bütün canlıların yaşamını korumaya, sağlıklı gıda erişimine ve üzerinde yaşadığımız yerküreyle uyumlu yaklaşımı olan, bitkisel ve hayvansal üretim yöntemlerinde sadece miktarı değil kaliteyi de önceleyen bir yaşam kültürüne dayanan organik tarımın faydaları ve mevcut durumunun ortaya konulması amaçlanmıştır.

1. ORGANİK TARIMIN FAYDALARI

1.1. Çevresel Faydalar

Plansız nüfus artışları, tarımsal arazilerin amaç dışı kullanımı, iklim değişikliği gibi faktörlerin ekosistemlerde oluşturduğu baskı arz-talep dengesini bozmaktadır (Erdoğan, 2020). Artan nüfusu beslemek

için tarımda yoğun teknoloji destekli üretim faaliyetinin yanı sıra aşırı kimyasal, gübre, böcek ilacı ve yabancı ot ilacı kullanımı yeryüzündeki tüm canlılar için sorun oluşturmaktadır (Singh, 2021). Bunun sonucunda ekosistemlerin sürdürülebilirliği aksayabilmekte ve daha kırılgan olabilmektedir (Erdoğan, 2020). Geçim kaynağı büyük ölçüde doğal kaynaklara dayanan ve çevresel bozulmalara karşı savunmasız olan toplumlar çoğunlukla kırılgan ekosistemlerde yaşamaktadır. Bu toplumların ekosistemlerde yaşanabilecek kırılganlık sonucu azalan gelirleri doğal kaynakların tahribat düzeyinde tüketilmesine neden olabilecektir (Jouzi ve ark., 2017). Organik tarım ilkesel olarak ekolojik süreçlere ve döngülere dayalı bir üretim sistemi olduğundan dolayı özellikle çevresel sürdürülebilirliğe ve doğayla uyumlu gıda üretimini amaçlamaktadır (Jouzi ve ark., 2017; BMEL, 2022). Organik tarım, çevre üzerinde bir dizi olumlu etkiye sahip olmakla birlikte, doğal kaynakları korumada da oldukça etkilidir (BMEL, 2022):

- ✓ Toprağın korunması: Organik tarım yöntemleri humus oluşumunu ve topraktaki bütün canlıların yaşamasını teşvik etmektedir. Organik tarım yapılan alanlar genellikle daha fazla biyokütle ve mikrobiyal aktivite içerdiğinden dolayı verimliliği yüksektir. Erozyonun neden olduğu toprak kaybı da büyük ölçüde önlenir.
- ✓ Suyun korunması: Organik tarımda kimyasal gübre kullanılmadığı için nitrat gibi maddeler toprağın dolayısıyla yeraltı ve yerüstü sularının kirlenmesine daha az tehdit oluşturur. Organik hayvancılık geleneksel tarıma göre

hayvan başına daha geniş alana sahip olduğundan dolayı bitkiler dışkılardan kaynaklı bu atıkları çok daha kolay özümseyebilir.

- ✓ **Biyoeçeşitliliğin korunması:** Organik tarımda bitkisel ürünlerin korunması için kimyasal maddelerin kullanılmaması ve düşük gübreleme seviyesi bitki ve hayvan biyoeçeşitliliği korur. Bu nedenle genellikle organik tarım arazilerinde geleneksel tarım arazilerinden daha fazla tür bulunur.
- ✓ **Hayvan refahı:** Organik tarım ilkesel olarak refah odaklı hayvancılık yapmayı amaçlar. Hayvanlara açık havada yeterli vakit geçirme olanağı verilir. Yetiştirme koşulları düzenli olarak gözden geçirilir.
- ✓ **Çevreyle uyum:** Tarımda zararlılardan koruma ve bitkisel üretimde daha çevre dostu uygulamaların geliştirilmesi desteklenir.

Tarımsal faaliyetler, toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %10.3' ünü oluşturmaktadır. Tarımsal sera gazı emisyonlarının yaklaşık %80' i enterik fermantasyondan kaynaklanan metan (CH₄) ve topraktan kaynaklanan nitrik oksit (N₂O) emisyonlarından kaynaklanmaktadır. (Vinci, 2023). Bu miktarın, insan kaynaklı sera etkisinin yaklaşık 1/5' ini oluşturduğu bildirilmiştir (Reddy, 2010). Bununla birlikte organik tarımda N₂O ve NH₃ (amonyak) emisyonları birim alan başına daha düşük bulunmasına rağmen birim ürün başına, daha fazla araziye ihtiyaç duyulduğundan dolayı daha yüksek

saptanmıştır (Jouizi ve ark., 2017). İklim değişikliği, mahsul verimlerinde önemli düşüşlerin yanı sıra mera performansını ve çiftlik hayvanı hastalıklarının, zararlı böceklerin, istilacı bitki ve hayvan türlerinin ortaya çıkışını, yayılmasını ve dağılımını da etkileyecektir (Rahmann ve ark., 2017).

1.2. Ekonomik Faydalar

Organik tarım, gıda sektörünün en hızlı büyüyen faaliyet alanlarından biridir (Jouizi ve ark., 2017). Birçok işletme ekonomik olarak sürdürülebilir bir tarımsal faaliyet yapmak amacıyla organik tarıma yönelmektedir. Ulusal düzeylerde organik tarımın yaygınlaşması üretim maliyetlerini ve fosil yakıt tüketimini azaltabileceği gibi erozyonla ilgili sosyal maliyetleri de düşürecektir. Ayrıca gelecek nesiller için toprak verimliliği de korunmuş olacaktır (Cacek ve Langner, 1986).

Organik tarım pazarları, büyük ölçüde (%90) Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği'nde oluşmakta, gelişmekte olan ülkelerin ise pazar büyüklüğü oldukça sınırlı kalmaktadır. Organik tarım, doğası gereği uygun maliyetli bir sistemdir ve yerel kaynakların kullanımı yoluyla, özellikle dünyanın en yoksul bölgelerinde sürdürülebilir kalkınmaya büyük katkı sağlama potansiyeline sahiptir ve özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki küçük ve kaynakları kısıtlı çiftçiler için yoksulluğu azaltma yöntemi olarak kabul edilmektedir (Jouizi ve ark., 2017).

Organik hayvancılık yapan çiftliklerde birim alan başına üretilen ürünlerin piyasa değeri geleneksel tarım yapan işletmelerden daha düşük (%11) olmasına rağmen, üretim maliyeti daha az olduğu için, birim alan başına elde edilen net gelir bakımından daha avantajlı bulunduğu bildirilmiştir (Reddy, 2010). Başka bir araştırmada da, benzer şekilde organik tarımda daha düşük mahsul elde edilmesine rağmen ekonomik karlılığının çok daha yüksek (%22-35) olduğu saptanmıştır (Jouizi ve ark., 2017).

1.3. Gıda Güvenliği

Genel olarak güvenli gıda, hastalanmadan yenilebilecek ürünlerdir ve aynı zamanda sağlığı geliştiren maddeler açısından zengin bir besin olarak tanımlanabilir. Deli dana hastalığı, genetiği değiştirilmiş organizmalar, salmonella ve kampilobakteriler gibi sağlık ve güvenlik endişeleri Avrupa' da organik gıda talebi artışında ve organik gıda sektörünün hızlı büyümesinde etkili olmuştur. Nitekim Avrupa' da tüketicilerin %67.9' unun gıda maddelerinin güvenliği konusunda endişe duyduğu saptanmıştır (Hansen ve ark., 2002).

Hayvancılıkta organik ürünler geleneksel olarak üretilen ürünlere göre daha düşük sağlık riski oluşturmaktadır. Örneğin organik üretim tarzında antibiyotik kullanımının yasak olması ve tedavide mümkün olduğunca kaçınılması nedeniyle antibiyotik kalıntı riski organik olarak üretilen ette daha düşüktür. Benzer şekilde organik hayvancılıkta, hayvanların yem tüketimindeki standartlar (hayvansal kaynaklı yemlerin kullanımındaki yasaklar) nedeniyle deli dana hastalığıyla

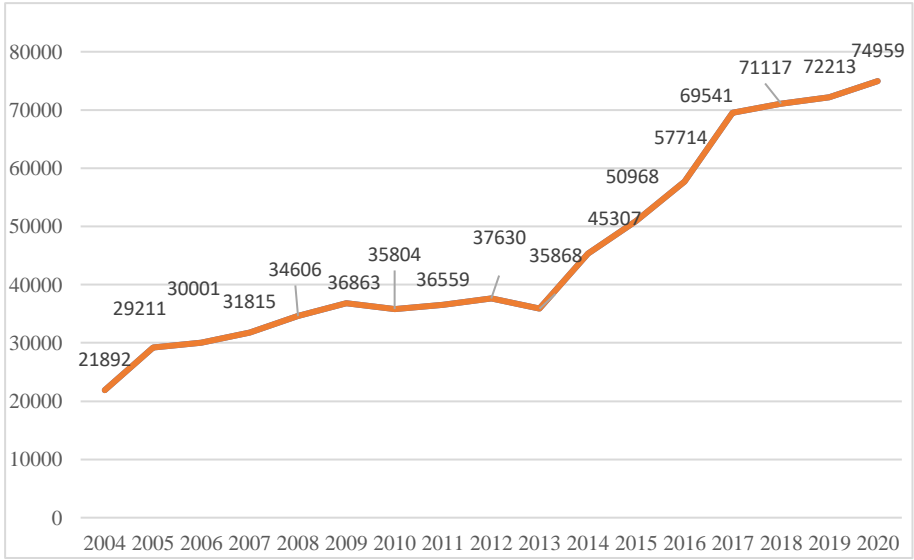
kontamine olmuş et ve insan tüketiminde oluşturduğu risk bakımından organik üretim daha güvenli bulunmuştur (Haring ve ark., 2001).

Organik tarımsal üretim sisteminde yetiştirilen hayvanların sütlerinin, kendilerine ait açık otlatma alanlarının olması nedeniyle omega-3 yağ asidi ve konjuge linoleik asit içeriğinin daha yüksek olduğu saptanmıştır (Türközü ve Karabudak, 2014). Organik tarımda, gübre kullanımına ilişkin katı standartlar uygulanmasından dolayı kalıntı miktarı çok daha düşük olmaktadır. Çiftlik gübresinin, herhangi bir patojenin mikrobiyal parçalanması için yeterli zamanı sağlayan, hasattan en az 90 gün önce uygulanması gerekmektedir. Gıdada pestisit kalıntısı üzerine yapılan bir çalışmada, organik olarak üretilen gıdada kalıntı miktarı %13 kalıntı saptanırken, geleneksel üretilen gıdada kalıntı miktarı %71 olarak saptanmıştır (Singh, 2021).

2. ORGANİK BİTKİSEL ÜRETİM ALANLARI

2.1. Dünya Organik Tarımsal Üretim Alanlarındaki Değişimler

Dünya organik tarım alanlarına ayrılan pay yıllar itibariyle Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1: Dünya Organik Tarım Alanlarındaki Değişim (1000 ha) (FAO, 2023).

2004 yılında 21 892 000 ha olan organik tarım alanı 2005 yılında 29 211 000 ha olarak gerçekleşirken gözlenen yüksek ivmeli artış, 2005-2013 yılları arasında küçük azalış ve artışlarla mevcut alana 6 657 000 ha'lık bir artışla sonuçlanmıştır. 2013-2017 yılları arasında yine yüksek ivmeli artışla 33 673 000 ha artış kaydedilirken, 2013-2020 yılları arasında daha düşük ivmeli artışlar gözlenmiştir.

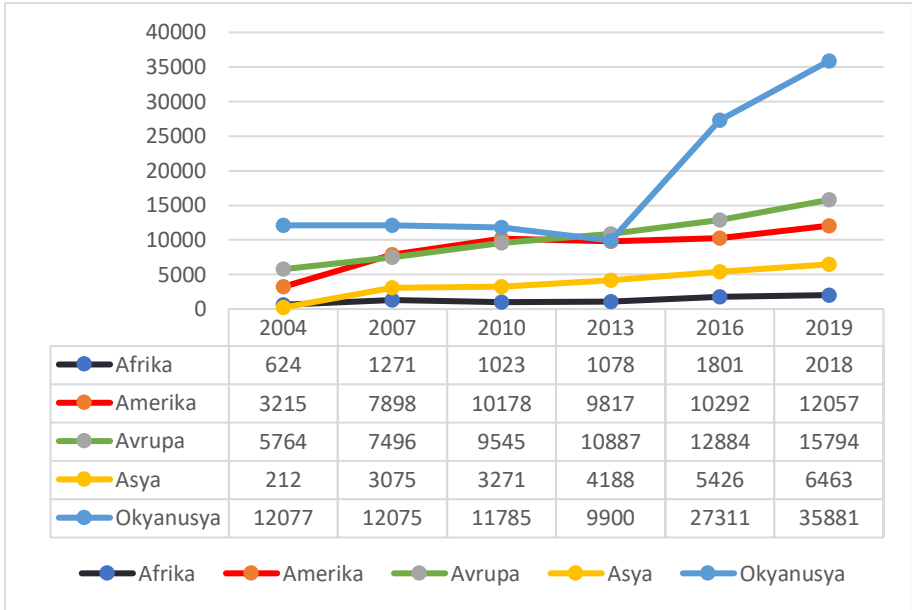
2.2. Kıtalarda Organik Tarımsal Faaliyete Ayrılan Alanlar

Dünya anakaralarında organik tarım arazilerine yıllar itibariyle ayrılan alanlar ve saptanan değişimler Tablo 1 ve Şekil 2' de verilmiştir.

Tablo 1: Kıtalarda Organik Tarım Arazileri (1000 ha) (FAO, 2023)

Bölgeler	Yıllar						
	2004	2007	2010	2013	2016	2019	% Değ. (2004- 2019)
Afrika	624	1 271	1 023	1 078	1 801	2 018	223.4
Amerika	3 215	7 898	10 178	9 817	10 292	12 057	275
Avrupa	5 764	7 496	9 545	10 887	12 884	15 794	174
Asya	212	3 075	3 271	4 188	5 426	6 463	2 948.6
Okyanusya	12 077	12 075	11 785	9 900	27 311	35 881	197.1
DÜNYA	21 892	31 815	35 804	35 868	57 714	72 213	229.9

Organik tarım alanlarına ayrılan alan bakımından tüm anakaralarda oransal artışların olduğu tespit edilmiştir. Asya, organik tarım alanlarında en yüksek oransal artışı (%2 948.6) sağlarken, Okyanusya’ da 2004-2019 yılları arasında %197.1 oranında artış gerçekleşerek, 2019 yılı itibariyle Dünya’ daki organik tarım arazilerinin (72 213 000 ha) yaklaşık olarak yarısını (35 881 000 ha) oluşturmuştur. Avrupa’ da 2019 verilerine göre 15 794 000 ha alan ile ikinci önemli kıta durumundadır.



Şekil 2: Kıtalarda Organik Tarım Alanlarına Ayrılan Alanların Grafiği (FAO, 2023).

Dünya ve anakaraların 2004-2017 yılları arasındaki toplam tarımsal alanları içerisinde organik tarım alanlarına ayrılan oranlar Tablo 2’ de gösterilmiştir. Buna göre Dünya tarımsal alanlarında organik tarım alanının payı 2004 yılında %0.45 olarak saptanırken, 2019 yılında artarak %1.52 bulunmuştur. Okyanusya kıtası 2013 yılında ufak bir düşüş göstermekle beraber sonrasında önemli artışlar göstermiş ve toplam tarımsal alanında organik tarıma ayrılan payda en yüksek oranı (%9.57) sağladığı saptanmıştır. 2019 yılı itibariyle sırasıyla; Avrupa (%3.41), Amerika (%1.07), Asya (%0.39) ve Afrika (%0.18) tarımsal alanlarında en fazla organik tarıma pay ayıran kıtalar olarak sıralanmıştır.

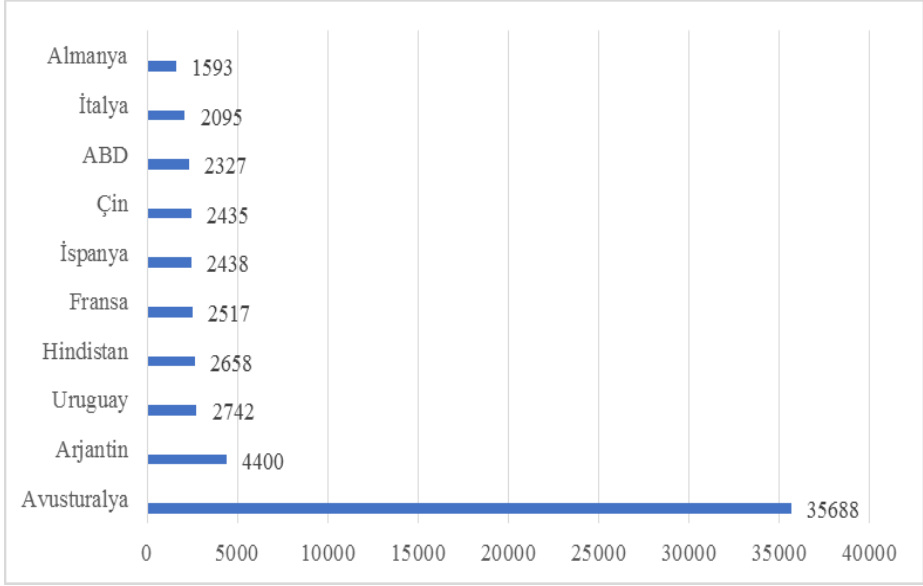
Tablo 2: Toplam Tarımsal Alanlarda Organik Tarımsal Alanların Payı (%) (FAO, 2023)

Bölgeler	Yıllar					
	2004	2007	2010	2013	2016	2019
Afrika	0.06	0.11	0.09	0.10	0.16	0.18
Amerika	0.28	0.69	0.89	0.87	0.92	1.07
Avrupa	1.21	1.60	2.04	2.34	2.79	3.41
Asya	0.01	0.19	0.20	0.25	0.33	0.39
Okyanusya	2.95	2.93	3.02	2.57	7.68	9.57
DÜNYA	0.45	0.66	0.75	0.75	1.22	1.52

2.3. Organik Tarımsal Faaliyet Alanı En Geniş Ülkeler

Organik tarımsal faaliyetler için en fazla alanın ayrıldığı ülkeler Şekil 3’ de verilmiştir. Avustralya organik tarımsal faaliyet için ayırdığı arazi (35 688 000 ha) itibariyle dünyanın en önde gelen ülkesidir ve diğer önemli dokuz ülke toplamının yaklaşık 1.5 katı kadar bir alana sahiptir.

Dünya’ da en fazla organik tarım arazisi tahsis edilen ilk 10 ülke incelendiğinde Avrupa; Fransa (2 517 ha), İspanya (2 438 ha), İtalya (2 095 ha) ve Almanya (1 593 ha) en fazla ülkeyle temsil edilen kıta olarak dikkat çekmektedir.

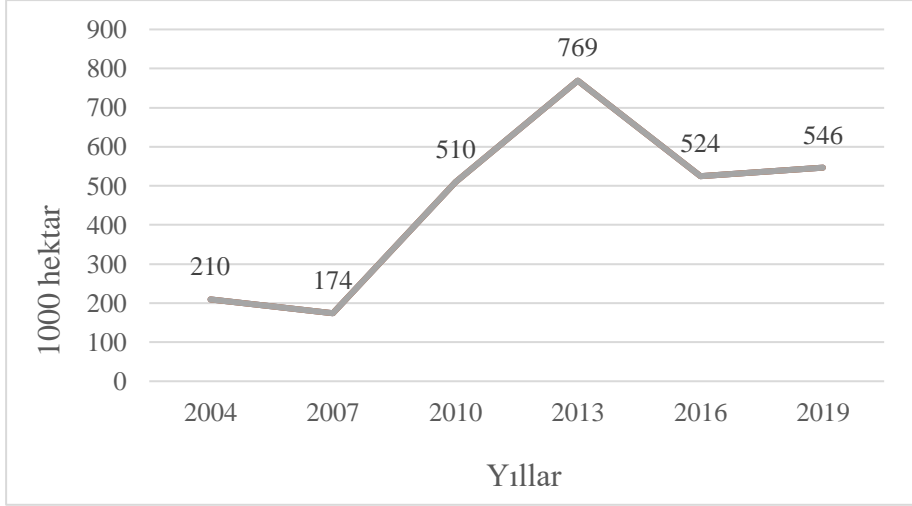


Şekil 3: 2020 Yılında En Fazla Organik Tarım Arazisine Sahip 10 Ülke (1000 ha) (FAO, 2023).

2.4. Türkiye’ de Organik Tarım Alanları

Türkiye’ de organik tarım faaliyeti Avrupa’ya ihraç edilen tarımsal ürünlerimize oluşan talep üzerine sınırlı ihraç ürünlerinde lokal düzeyde başlamıştır. Artan taleplere bağlı olarak organik ürün çeşitlerinde ihracata yönelik artışlar yaşanmış ve önceleri yabancı şirketlerin temsilcileri aracılığıyla 1980’ lerin ortasından itibaren bütün ülkede yaygınlaşmıştır. Organik üretim potansiyeli, zamanla iç tüketimde de taleplerin çoğalmasıyla, yerli şirketlerin de pazarda artmasıyla birlikte gelişmiştir (Demiryürek, 2011). Şekil 4’ de Türkiye’ deki organik tarım alanlarının 2004-2019 yılları arasındaki değişimi verilmiştir. 2007-2013 yılları arasında organik tarım alanlarında 4

kattan daha fazla artış yaşanmıştır. 2013-2016 yıllarında bir düşüş gözükmele birlikte sonraki yıllarda hafif bir artış eğilimi gözlenmiştir.



Şekil 4: Türkiye Organik Tarım Alanlarının Yıllara Göre Değişimi (1000 ha) (FAO, 2023).

3. ORGANİK RUMİNANT HAYVANCILIK

Ülkelerin organik hayvansal üretim istatistikleri bitkisel üretime göre küçük ölçekli olduğundan dolayı veriler yeterli düzeyde toplanamamakta ve bu nedenle bu sektörün genel durumu yeterince ortaya konulamamaktadır. Bununla birlikte organik hayvansal üretime önem veren AB ülkelerinin çoğunluğunda güncel istatistiki bilgiler daha istikrarlı olarak elde edilebilmektedir (Pehlivan ve ark., 2020).

3.1. AB ve Türkiye’ de Organik Ruminant Hayvan Sayısı

Farklı hayvancılık üretim sistemlerinin çevresel etkileri üzerine yapılan araştırmalar, mera otlatmanın hem gelişmiş hayvan refahına hem de biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunan sürdürülebilir bir sığır yetiştirme biçimi olduğunu göstermekle birlikte (Stampa ve Zander, 2022), Avrupa Komisyonu' na göre toplam sığır mevcudunun yalnızca %5' i organik yetiştiricilik koşullarında üretimi yapılmaktadır (Vinci, 2023). AB ülkelerinin, 2013-2020 yılları arasında, organik büyükbaş hayvan sayısında %47.2’ lik bir artış saptanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3: AB ve Türkiye’ de Organik Belgeli Büyükbaş Hayvan Sayısı (baş) (Eurostat, 2023)

Yıllar	2013	2016	2019	2020	% Değ. (2013- 2016)
AB	3 268 678	3 700 694	4 156 938	4 811 314	47.2
Almanya	621 800	700 356	870 372	861 272	38.5
Avusturya	376 973	404 648	420 693	417 658	10.8
Fransa	550 121	573 623	830 921	860 308	56.4
İsveç	285 670	296 260	333 245	331 735	16.1
İtalya	231 641	331 431	389 665	397 187	71.5
Türkiye	4 715	7 234	4 751	7 888	67.3

İtalya, en yüksek artışı (%71.5) gösteren AB ülkesi olurken Almanya ve Fransa en büyük yetiştirici ülkeler olarak tespit edilmiştir.

Organik büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde Türkiye, AB ülkelerine göre oldukça mütevazî bir sektör olarak gözlenmekle birlikte 2013-2020 yılları arasında %67.3 büyüdüğü saptanmıştır.

AB ve Türkiye’ de yıllar itibariyle organik koyun yetiştiriciliği Tablo 4’ de verilmiştir. AB’ nin organik koşullarda yetiştirilen koyun varlığında yıllar itibariyle %36.7’ lik bir artış olduğu saptanırken, Yunanistan %136’ lık koyun varlığı artışıyla keçi yetiştiriciliğinde olduğu gibi en önemli ülke olduğu bulunmuştur. Türkiye’de organik koyun yetiştiriciliği 2013 yılında 73 414 baş olarak saptanırken 2020 yılında %96.7’ lik bir azalmayla yok olma seviyesine gelmiştir.

Tablo 4: AB ve Türkiye’ de Organik Yetiştiriciliği Yapılan Koyun Sayısı (baş) (Eurostat, 2023)

Yıllar	2013	2016	2019	2020	% Değ. (2013- 2020)
AB	3 324 599	3 654 951	4 307 424	4 545 433	36.7
Almanya	226 300	225 530	194 241	243 836	7.8
Fransa	426 412	513 276	737 091	760 938	78.5
İspanya	421 803	582 517	594 875	580 200	37.6
İtalya	755 419	776 454	5 962	6 277	-16.9
Yunanistan	610 489	593 999	1 229 684	1 440 721	136
Türkiye	73 414	17 334	16 711	2 454	96.7

AB ülkelerinde organik koşullarda yetiştirilen keçi sayısı 7 yıllık sürede %46.3’ lük artışla 2020 yılı itibariyle 1 069 450 baş olarak gerçekleşmiştir (Tablo 5).

Tablo 5: AB ve Türkiye’ de Organik Yetiştiriciliği Yapılan Keçi Sayısı (baş) (Eurostat, 2023)

Yıllar	2013	2016	2019	2020	% Değ. (2013- 2016)
AB	731 199	783 334	985 358	1 069 450	46.3
Fransa	71 442	82 146	124 682	140 278	96.4
Hollanda	38 633	45 879	54 886	53 373	38.2
İspanya	50 182	73 400	79 966	83 465	66.3
İtalya	92 330	113 983	99 418	105 109	13.8
Yunanistan	356 002	326 255	498 219	518 722	45.7
Türkiye	18 639	7 022	-	-	-

En fazla artış gözlenen AB ülkeleri sırasıyla; Fransa, İspanya, Yunanistan, Hollanda ve İtalya olarak saptanmıştır. Yunanistan, 2020 yılı rakamlarına göre, AB toplam organik keçi varlığının yaklaşık yarısını oluşturarak en önemli yetiştirici ülke konumundadır. Türkiye’de organik yetiştiriciliği yapılan keçi sayısında istikrarlı bir veri akışı elde edilememiştir. Verilerin saptandığı 2016 yılında 2013 yılına göre önemli düşüşlerin tespit edilmesi organik keçi yetiştiriciliğine yeterince önem verilmediğini göstermektedir.

3.2. AB ve Türkiye’de Organik Ruminant Hayvansal Üretim

3.2.1. Et Üretimi

AB 2020 yılı organik sığır eti üretimi (113 597 ton) toplam sığır eti üretiminin yaklaşık %1.67’ si olarak hesaplanırken, organik küçükbaş hayvan et üretimi toplam küçükbaş hayvan et üretiminin (459 000 ton) yaklaşık %3.05’i olarak tespit edilmiştir. Ruminantların organik et üretiminde 2020 yılı itibariyle en önemli payı sığır eti (%89) alırken koyun (%10.6) ve keçi eti (%0.4) diğer bileşenleri oluşturmaktadır. 2013-2020 yılı organik et üretiminde sığır etinin oranında istikrarlı bir artış olduğu saptanırken küçükbaş hayvanların payında azalmalar gözlenmiştir (Tablo 6). AB’ de 2020 yılı itibariyle en önemli organik sığır eti üretimi yapan ülkeler; Fransa (35 448 ton), İspanya (23 346 ton) ve İsveç (21 853 ton); koyun etinde İspanya (8 103 ton), Fransa (2 060 ton) ve İsveç (993 ton); keçi etinde İspanya (462 ton) ve Çek (26 ton) olarak bildirilmiştir. Türkiye’ nin 2021 yılı itibariyle 911 tonluk organik sığır eti üretimi (Eurostat, 2023) toplam sığır eti üretiminin %0.06’ sını oluşturmuştur (FAO, 2023).

AB çiftlik hayvanları organik et üretiminde ruminantların payı 2013 yılı itibariyle yaklaşık olarak %72.2 oranla oldukça yüksek saptanırken, 2016, 2019 ve 2020 yıllarında sırasıyla; %35.7, %56.5 ve %40.4 olarak bulunmuştur (Eurostat, 2023).

Tablo 6: AB Ülkelerinin Ruminant Organik Et Üretimi (ton) (Eurostat, 2023)

	2013		2016		2019		2020	
	ton	%	ton	%	ton	%	ton	%
Sığır eti	60 657	85.4	78 549	86.0	107 408	87.6	113 597	89.0
Koyun eti	9 806	13.8	12 271	13.5	14 745	12.0	13 504	10.6
Keçi eti	536	0.8	481	0.5	531	0.4	514	0.4
TOP	70 999	100	91 301	100	122 684	100	127 615	100

3.2.2. Süt Üretimi

Organik çiftliklerden elde edilen çiğ sütün; özellikle vitaminler, yağ asitleri, peynir altı suyu proteinleri ve mineraller dahil olmak üzere sağlığı geliştirici bileşiklerin içeriği açısından daha değerli olduğu saptanmıştır (Brodziak ve ark., 2021).

AB, ruminantlarda yıllık yaklaşık 160 milyon ton süt üretimi yaparken bunun yaklaşık %3.72' lik oranı organik koşullarda üretilmektedir (Eurostat, 2023). 2020 yılı itibariyle AB'nin en büyük organik süt üreticisi ülkeleri sırasıyla; Almanya, Fransa, Danimarka, Avusturya, İtalya ve İsveç olarak saptanırken bu ülkeler AB toplam organik süt üretiminin %82.1' ini oluşturmaktadır (Tablo 7). Türkiye' de organik süt üretimi 2020 yılı toplam süt üretiminin (23.4 milyon ton) yalnızca %0.09' unu oluşturmuştur (FAO, 2023).

Tablo 7: AB ve Türkiye’ de Organik Süt Üretimi (ton) (Eurostat, 2023)

Yıllar	2013	2016	2019	2020
AB	2 911 166	3 974 807	5 079 609	5 969 451
Almanya	682 000	794 717	1 184 742	1 234 238
Avusturya	-	552 389	642 340	649 368
Danimarka	481 670	516 131	708 400	727 716
Fransa	552 722	603 774	1 075 631	1 219 283
İsveç	365 940	371 015	464 170	481 200
İtalya	334 376	396 074	-	587 914
Türkiye	54 781	21 431	5 394	21 001

KAYNAKLAR

- Arslan, K.F. (2009). A survey of organic agricultural sector in the World in comparison with the European Union and Turkey practices (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi Avrupa Birliği Enstitüsü, İstanbul.
- Bedük, S. (2012). Sustainable development in international trade in relation with climate change in agricultural studies, Turkey, (Master's Thesis). Maltepe University Social Sciences Institute. İstanbul. pp. 58.
- BMEL. Federal Ministry of Food and Agriculture (Germany). (2022). Organic Farming in Germany. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/EN/Publications/Organic-Farming-in-Germany.pdf?__blob=publicationFile&v=4. Erişim Tarihi: 27.02.2023.
- Brodziak, A., Wajs, J., Zuba-Ciszewska, M., Król, J., Stobiecka, M., & Jańczuk, A., (2021). Organic versus conventional raw cow milk as material for processing. *Animals*, 11(10), 2760.
- Cacek, T., & Langner, L.L., 1986. The economic implications of organic farming. *American Journal of Alternative Agriculture*, 1(1): 25 – 29.
- Çelikyürek, H., & Karakuş, K. (2018). Dünya’da ve Türkiye’de organik hayvancılığa genel bir bakış. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 8(2): 299-306.
- Demiryürek, K. (2011). Organik tarım kavramı ve organik tarımın Dünya ve Türkiye’deki durumu. *GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1): 27-36.
- Erdoğan, B.U. (2020). Ekosistem hizmetleri kavramının havza ölçeğinde değerlendirilerek planlamaya entegrasyonu. *D.Ü Ormancılık Dergisi* 16(2): 196-216.
- Eurostat, European Community Statistical Office. (2023). Organic livestock. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/org_lstspec/default/table?lang=en Erişim Tarihi: 14.03.2023.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). <http://www.faostat.fao.org>. Erişim Tarihi: 09.03.2023.

- Hansen, B., Alrøe, H.F., Kristensen, E.S., & Wier, M. (2002). Assessment of food safety in organic farming. DARCOF Working Papers no. 52. https://orgprints.org/id/eprint/206/1/Hansen_organic_food_safety.pdf.
- Häring, A., Dabbert, S., Offermann, F., & Nieberg, H. (2001). Benefits of Organic Farming for Society. European Conference – Organic Food and Farming, 10.-11. May, Copenhagen, Denmark.
- Hartmann, M., Khalil, S., Bernet, T., Ruhland, F., & Al-Ghamdi, A. (2012). Organic agriculture in Saudi Arabia: Sector study. Saudi Arabia. Almanya, Riyadh. pp. 50. <https://orgprints.org/id/eprint/22708/1/bernet-et-al-2012--sectorstudy2012-saudi-arabia.pdf>.
- Jouzi, Z., Azadi, H., Taheri, F., Zarafshani, K., Gebrehiwot, K., Van Passel, S., & Lebailly, P. (2017). Organic farming and small-scale farmers: Main opportunities and challenges. *Ecological Economics*, 132: 144-154.
- Pehlivan, E., Aksakal, V., Öztürk, A.K., Önal, A.R., Polat, M.T., & Dellal, G. (2020). Dünyada, AB' de ve Türkiye' de organik hayvansal üretimin mevcut durumu ve geleceği. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-2. Ocak 2020 Ankara. 229-261.
- Rahmann, G., Ardakani, M.R., Bärberi, P., Boehm, H., Canali, S., ve ark., 2017. Organic Agriculture 3.0 is innovation with research. *Organic Agriculture*, 7(3): 169-197.
- Reddy, B.S. (2010). Organic Farming: Status, Issues and Prospects – A Review. *Agricultural Economics Research Review*, 23: 343-358.
- Sahota, A. (2019). The global market for organic food and drink. *The World of organic agriculture statistics and emerging trends 2019* (Edited: Willer H. And Lernoud J.). Printed by Medienhaus Plump, Germany. pp. 146-150.
- Singh, M. (2021). Organic farming for sustainable agriculture. *Indian Journal of Organic Farming* 1(1): 1-8.
- Stampa, E., & Zander, K. (2022). Backing biodiversity? German consumers' views on a multi-level biodiversity-labeling scheme for beef from grazing-based production systems. *Journal of Cleaner Production*, 370: 133471.

- Türközü, D., & Karabudak, E. (2014). Organik gıdaların besin değeri, gıda güvenliği ve lezzet açısından değerlendirilmesi. *Gıda*, 39(2): 119-126.
- Vinci, C. (2023). European Union beef sector. Main features, challenges and prospects. EPRS: European Parliamentary Research Service [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733676/EPRS_BRI\(2022\)733676_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733676/EPRS_BRI(2022)733676_EN.pdf) (Erişim Tarihi: 09.03.2023).

BÖLÜM 16

KOYUNCULUK İŞLETMELERİNDE ZAMAN, İŞGÜCÜ VE VERİM ARTIRICI TEKNOLOJİLER

Yük. Zir. Müh. Mehmet BARIĞ¹

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÇELİKYÜREK^{2*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8285065>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Van, Türkiye, klasikmehmet2011@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3234-9018

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Van, Türkiye
hasancy@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-5154-7979

Bu çalışma birinci yazarın Yüksek Lisans Tezi' nin bir kısmından üretilmiştir.

* Sorumlu yazar

GİRİŞ

Geçmişten günümüze hayvancılık sektörü önemli aşamalar ve değişimler kaydederek varlığını sürdürmüştür. Bu değişim ve gelişmenin ekseninde hayvancılıkta kullanılan teknolojilerin büyük bir önemi olduğu söylenebilir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi yükseldikçe, tarımın içerisindeki bitkisel üretim payının hayvansal üretime oranla azaldığı görülmektedir. Hayvansal üretimin tarımsal üretimin lokomotifini olarak görev yaptığı anlaşılmaktadır (Ergün ve Bayram, 2021). Hayvancılık; geçmişteki hayati üretim fonksiyonlarını yitirmiş olsa da memleketimizde artan nüfusun alım gücüne bağlı olarak talep edilen hayvansal ürünlerinin tedarik edilmesi, hayvansal proteinlerin toplumun ihtiyaçlarını giderme gibi temel fonksiyonlarını çağımızda da sürmektedir (Anonim, 2022a). Ülkemizde hayvancılık sektörü ülke nüfusunun yeter düzeyde beslenmesinde rol oynamasının yanında endüstrileşen toplumumuzda ana ham madde olarak kullanılması açısından da önemli bir konumdur.

Hayvancılık, insanın en temel gereksinimlerini karşılayan; etinden, sütünden, yapağısından, kaymağından, yağından, maddi ve manevi olarak da yararlanan bir çeşit geçim kaynağı olmasıyla önem arz eden, teknolojinin kullanımı ile daha kârlı ve rahat bir iş kolu olarak karşımıza çıkan ülke ekonomisinin önemli bir parçasıdır. Ayrıca ülkemizin farklı iklimlere sahip olmasından dolayı hayvansal ürünlerin elde edilmesi için uygun bir ortam sağlamaktadır (Özsayın ve Everest, 2019). Hayvancılık, kente göçün önüne geçerek kırsal alanlarda işsizliği azaltmasının yanı sıra nüfus baskısını azaltmak gibi sosyal

fonksiyonları da üstlenmektedir. Hayvancılığın Türkiye’ de gelişmesi ancak ırkların ıslah edilmesi, sınırlarımızın ciddi kontrolü ile sınırdan ülkemize kırmızı etin iç piyasaya girmesine izin verilmemesi, yem bitkisi tarımına yeterli önemin verilmemesi gibi doğru tarım politikaları ile mümkün olacaktır (Şahinli, 2011). İnsanoğlunun temel beslenme ihtiyaçlarını gidermede önemli rol oynayan hayvansal üretim; ekonomik açıdan da milli gelire katkısı olup, istihdamı artırması, süt-et-yapağı ve diğer yan ürünler ile tekstil ve ilaç sanayisine kaynak sağlaması sayesinde birçok sektöre destek vermektedir. Bununla birlikte hayvancılık, insanların fizyolojik ihtiyaçlarını karşılamada yapı taşı olan proteinin kaynağıdır (Gül ve Ekici, 2020).

Geleneksel anlamda yapılan ekstansif yetiştiricilikte, modern anlamda makineye bağlı teknoloji kullanımı yoktur. Daha fazla hayvansal ürünler elde etmek ve iyi beslenme şartlarına sahip olmak için yenilikçi anlamda entansif yetiştiricilik fikrini doğurmuş ve makineli otomatik teknolojilerin kullanılmasıyla daha da yaygınlaşarak varlığını sürdürmüştür. Günümüzde bilim ve teknolojiadaki gelişmeler, rekabetin ve taleplerin artması ile üretimde ileri teknolojilerin kullanımını zorunlu hale getirmiştir (Abacı, 2015). Hayvancılık faaliyetlerinde modern ileri teknolojilerin kullanılmasıyla hem sürü yönetimine hem yetiştiriciye hem tüketiciye birçok alanda fayda sağlamıştır. Bu faydaların elde edilebilmesi ancak etkin fonksiyonların bilinmesi ve doğru kullanımları sayesinde gerçekleşebilir (Göncü ve Gökçe, 2017). Belirli bölge ve iller başta olmak üzere Türkiye’ de de bu sektör hem kültürel anlamda hem de stratejik anlamda önemli bir

role sahiptir (Ertaş ve Deniz, 2018). Üretim sisteminde köklü değişimlere giderek sorunların üstesinden gelmek için gününbirlik çözümlerden vazgeçmek gerekmektedir (Anonim, 2022a).

Dünyada yaşanan teknolojik gelişmeler sayesinde ülkemiz de teknoloji toplum devrimlerine girmiş ve koyunculuk işletmelerinde teknolojiler kullanılmaya başlamıştır. Bu durum ise Akıllı Hayvancılık Teknolojilerini kullanmayı ve hayvancılık işletmelerinde ki yapıyı yeniden değerlendirmeyi gündeme getirmiştir (Aziz, 2022). Teknolojik gelişmelerin getirdiği rahatlık kayıt tutmayı da etkileyerek elverişli bir yetiştiricilik yapılmasını sağlamıştır. Koyunculuk faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde teknoloji ve kayıt işlerinin yürütülmesi ve şekillendirmesi için; koyunculuk işletmelerinin incelenmesi, sorunlarının en aza indirilmesi, hayvansal üretimi etkileyen moda olmuş teknolojileri ve kayıtları etkileyen unsurları bulup analiz edilmesi ve AB birliğine de uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir.

Tarımsal sektörde küresel gelişmeler ve teknolojik ilerlemeler teknoloji kullanımı ve endüstriyellemenin daha da artacağını göstermektedir (Yaman ve ark., 2021). Kaliteli ve düşük fiyatta daha çok gıda üretmek için dünya devletlerindeki hayvan yetiştiricileri ve hayvan ticareti yapan firmalar 2.0, 3.0 ve 4.0 devrimine yönelerek IoT (Internet of Things = nesnelerin interneti) interneti gibi teknoloji toplumlarından yararlanmışlardır. Teknolojik inovasyonla hayvancılıkta ve hayvancılık uygulamalarında yeni bir dönem başlamıştır. Hayvancılıkta veya hayvancılık işletmelerinde kullanılan süt sağım makineleri, mama robotu, gübre temizleyiciler, kırpma

makinaleri, banyo teknolojileri, droneler, sensörler, IoT teknoloji uygulamaları gibi hayvan teknolojilerinin önemli bileşenleri olmuştur. Kontrol ve izleme sistemleri ise; hayvan döllemesini, hayvanların sağlığını, refahını, çevreyle iletişimini, doğum ve hastalık gibi olayları kontrolü altına alarak daha iyi bir hastalık takip sistemi için kolaylık sağlamaktadır. Hayvan yem seviyelerini kontrol etmek, mahsul büyümesini izlemek, toprak nem ve sıcaklığa ait birçok bilginin sağlanmasıyla, çiftçiler süreci yönetebilmekte, su, böcek ilacı, yem kullanımlarını azaltarak kazançlarını ve verimlerini sensörler ve uydular aracılığıyla arttırabilmektedir (Yaman ve ark., 2021). Hayvancılıkta kullanılan teknolojiler kendine has özelliği ile gelişme göstermektedir. Görüntü işleme ve sürü yönetim yazılımları, gen teknolojileri ve yem otomasyon sistemleri ile yemleme sistemleri en çok gelişme gösteren alanları oluşturmaktadır (Göncü ve Gökçe, 2017).

Küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde gelişme dinamiklerini sınırlayan birçok sorun göze çarpmaktadır. Genel anlamda bu sorunlar meraların yetersizliği, teknoloji kullanımındaki yetersizlikler, çoban eksiliği, asimetrik bilgi, eğitimsizlikler, çayırların azlığı, zoonozlar, meme hastalıkları, süttten erken kesimler, ilaç desteğinin verilmemesi ve sürü yönetiminin iyi yönetilmemesidir. Tüm bunların üstesinden gelebilmek için modern yetiştiricilik yapmak ve sürünün daha iyi yönetilmesini sağlamak, sürüde tescillenmiş genetik koyun ırklarını barındırmak ve daha fazla verim özelliklerine sahip olan hayvanları yetiştirmek gereklidir (Anonim, 2022m). Yetiştiricilikte temel gaye kâr elde etmek ve bu kârlılığı sürdürmektir. Sürüde yem masraflarının

azaltılması, yemi ete dönüştürme özelliği yüksek olan koyun ırklarının arttırılması ve hükümet destekleri gibi faktörler, kârlılığı etkileyen temel başlıklar olarak ortaya çıkmaktadır (Koca, 2014).

Türkiye’ de hayvan yetiştiriciliği yapılan işletme tiplerinin daha çok küçük ölçekli aile işletmeleri şeklinde olduğu bilinmektedir. Bunu takiben entansif yetiştiricilik yapan, orta ve büyük ölçekli işletmeler de mevcut olup bu işletme tipleri ise her geçen gün artmaktadır. Küçük ölçekli işletmelerin varlığının az olması da kırsal kalkınmadaki etki miktarını da azaltmaktadır. Gerek kırsal kalkınmada gerekse kentleşmeye yakın mekanlarda küçük orta ve büyük ölçekli hayvancılık işletmelerine hızla rasyonel bir şekil kazandırılması ve çoğaltılması, üretimde ihtisaslaşması sağlanmalıdır. Bu sayede kayıtlı ve planlı üretim ile hayvancılığa ivme kazandırılması mümkündür (Aydın ve Günlü, 2010).

Hayvancılık işletmelerinde hayvancılığa hizmet amaçlı teknolojileri kullanmak, işletmelere zaman, kâr ve hayvanlarda verim artışı ve verim arttırıcı eylemlere yönelmeyi sağladığı da bir gerçektir.

1. KOYUNCULUKTA TEKNOLOJİ KULLANIMI

1.1. Teknolojinin Tanımı ve Önemi

İnsanlar tarafından kullanılan makineler, düzenlemeler ve prosedürler dahil olmak üzere tüm modifikasyonlara uğramış araçların tümüne teknoloji denir (Wikipedia, 2022a). Teknoloji hem senkronik hem de diyakronik bağlamda toplum değerlerini dönüştüren, insanın kültürel gelişimini belirleyen temel bir unsurdur (Koçak, 2020).

Teknoloji yoksulluğu, mikro açıdan işletmelerin, makro açıdan ülkelerin ihtiyaç duydukları teknolojileri üretmek için gerekli ve yeterli tüm mali kaynaklardan yoksun olması durumunu ifade etmektedir. Teknolojik gelişme, yeni bir ürünün veya mevcut olan teknolojinin ucuz ve kaliteli olarak elde edilmesini sağlayan her türlü icat, yenilik yöntem ve süreçlerini kapsamaktadır (Bayraç ve Doğan, 2018).

Hayvancılıkta kâr en önemli unsurdur. Hayvancılıkta teknolojinin kullanılması ile hayvan yetiştiricilerine önemli bir kapı açılmış olur. Teknolojilere dayalı bir sektör haline gelen hayvancılık, teknolojilerin kullanılması ile birlikte hayvancılık gelirlerinin artmasına, sağlık sorunlarının giderilmesine kadar birçok işlevi yerine getirir. İnsanoğlu geçmişten bugüne kendini yenilemek, değiştirmek, uzayı ve dünyayı keşfetmek, teknolojinin imkanlarını kullanarak yaşam kalitesini artırmak, rahat iş ve ticaret yapmak, bilgisayar ve bilişim teknolojilerinden en iyi şekilde istifade etmek ister. Akıllı teknolojiler ile yapılan akıllı hayvancılık ile hayvancılıkta yüksek ve kaliteli verim elde etmek bakımından önemli bir mesafe alınmasına yardım etmektedir. Dünya devletleri hayvancılıkta akıllı makineleri kullanarak hedef ve yöntemler ile hayvancılık teknolojisinde büyük bir verimlilik, kâr, kalite, güvenli paketlenme, güvenli gıda, tasarruf gibi olanaklar sunduğunu artık kabul etmektedirler (Sert ve ark., 2019). Ülkenin en ücra köşelerinde hayvancılıkla uğraşan yetiştiricilerin bu teknolojileri sanal ortamda bile kullanabilmesi mümkün hale gelmiştir.

Geliştirilen sistemlerde, hayvanların refah ve sağlığı üst seviyede tutularak, özelliklerinin belirlenmesi için güvenli bir veri sağlaması ve

bu verinin kayıt altına alınması hedeflenmektedir. RFID elektronik yöntemiyle kulak küpeleri; ıslaha yönelik aktif ölçümler, görüntü izleme teknikleri, vücut ölçüleri sanal ortamda kolayca yapılmasına katkı yapmıştır (Gökçe ve ark., 2020). Modern hayvancılık uygulamaları ile bilgisayar ve elektronik verinin bir araya getirilmesi, aktivite ölçerler, elektronik kimlikler, otomatik yemleme sistemleri, akıllı suluklar, hayvanların sıcaklık ölçüm sistemleri, hayvan görüntü analiz sistemleri, otomatik tartım sistemleri hayvansal üretimde kullanılarak hayvan refahı konusunda üreticiye büyük avantajlar sağlamaktadır (Abacı ,2015; Aziz, 2022). Günümüzde hayvancılık sektöründe, sağım sistemine entegre otomatik süt ölçüm sistemleri (süt miktarı, sağım süresi, süt akış hızı, sütün elektrik iletkenliği, süt sıcaklığı), elektronik kantarlı kaba-yoğun yem karıştırıcı ve dağıtıcıları, ultrasonografik görüntüleme cihazları (ineklerde erken dönem gebelik teşhisi), otomatik yoğun yem üniteleri (yoğun yem tüketiminin denetimi ve ölçümü), sürü yönetim yazılımları ve internet bağlantıları gibi yeni teknolojilerden yararlanılmaktadır (Onur, 2016).

1.2. Hayvancılıkta Teknolojilerin Kullanımının Önemi ve Gerekliliği

Hayvancılık sektörü, insanların yeterli ve dengeli beslenmesinde çok önemli bir rol üstlenerek ekonominin önemli bir parçası durumundadır. Bununla birlikte ulusal geliri ve istihdamı artırmak, kalkınmaya ve gelişmeye katkıda bulunmak, et, süt, tekstil, deri, kozmetik ve ihracat yoluyla döviz gelirlerini artırmak, ilaç sanayi dallarına hammadde sağlamak gibi önemli ekonomik ve sosyal

fonksiyonlara sahiptir (Anonim, 2022b). Bu denli önemli olan hayvancılık sektörünü teknolojiden bağımsız düşünmek yanlış olur. Teknolojiyi bulundurmak ve kullanmak, kâr elde etmek isteyen işletmelerin üzerinde önemle durdukları ve gözardı etmek istemeyecekleri bir durumdur.

Ülke ekonomilerinde önemli bir paya sahip olan koyunculuk sektörü, ülkemizde önemli bir sosyo-ekonomik konuma sahip olmakla birlikte hayvansal üretim değeri orta sıralardadır (Saçlı, 2007). Her gün artan ülke nüfusumuz beraberinde beslenme, gıda sorununu getirmekte ve fizyolojik ihtiyaca duyulan hayvancılık faaliyetlerini artırmaktadır (Uğur, 2004). Nüfus hareketlerinin getirdiği beslenme ihtiyacı beraberinde hayvancılığı ham madde olarak kullanılmasına zemin hazırlamıştır. Dünya nüfusu 2050 yılı itibari ile 9.7 milyar olması muhtemeldir (Gökırmaklı ve Bayram, 2018). Artan nüfus beraberinde insan beslenmesini, ekonomik sorunlar, çevre sorunları, tarım alanlarının daralmasını, talep ve arz fonksiyonlarında dengesizlik meydana getirmektedir (Karakuş ve Aşkın, 2007).

Tarım alanında da sanayi devrimi ile birlikte bir modernizasyon süreci başlamış, ekstansif tarımdan, entansif tarıma geçilmiştir. Tarım ve bilgi teknolojilerinin kaynaştırılması sayesinde son yıllarda önemli teknolojik gelişmeler yaşanmıştır. Bu nedenle tarım alanında birçok yeni terim günlük hayatta duyulmaya başlanmıştır ve daha modern anlamda bir koyunculuk yetiştiriciliği ortaya atılmıştır. Hassas tarım, dijital tarım, akıllı tarım, e-tarım, sürücüsüz (otonom) araçlar ve çiftlik veya sürü yönetimi yazılımları bunlara örnek olarak verilebilir

(Anonim, 2022c). Günümüzde, girdi maliyetlerinin azaltılması yönündeki baskılar, gelişen teknolojiyle birlikte gittikçe artmaktadır. Bu nedenle işletmeler kendilerini teknolojiden faydalanmak konularında zorunlu olarak görmektedirler.

Tarım sektörü ekonomik olarak gelişim ve kalkınmanın sağlanması açısından oldukça önemlidir. Bu sektörde yoksulluğun azaltılması, ekonomik bağımsızlığın güçlendirilmesi, verimlilik ve sürdürülebilirliğin artması, gelir ve refah düzeyinin artırılması isteğinin gerçekleşmesinde önemli bir katkısı vardır. Bu kapsamda dünyada tarımsal üretimde sürdürülebilirlik ve verimlilik düzeyini arttırmak amacıyla sektörü geliştirmeye yönelik çeşitli adımlar atılmakta, çeşitli ülkeler tarafından farklı politikalar uygulanmaktadır. Bu teknik ve yöntemlerin sektöre entegre edilmesiyle sektörde verim artmakta ve bu da büyüme ve gelişmeye katkı sağlamaktadır. Bunun bir sonucu olarak sektörde yeni ve gelişmiş teknolojilerin kullanımına da yön verilebilmektedir. Tarım politikaları ile ilgili her devlet kalkınma, gelişim, büyüme, ilerleme ve sürdürülebilirlik prosedürlerini kendisi belirlemektedir (Abacı, 2015). Yeni tekniklerin ve yöntemlerin sektöre entegre edilmesiyle sektörde verim artmakta ve buda büyüme ve gelişmeye katkı sağlamaktadır. Bu süreçteki faaliyetler sektörde yeni ve gelişmiş teknolojilerin kullanımına da yön vermektedir (Yaman ve ark., 2021). Koyunculuk işletmelerinde kullanılan teknolojik gelişim ve uygulama politikalarını takip etmek de işletmeler lehine önemli bir adım sayılmaktadır. Koyunculuk işletmelerinde teknolojinin kullanılmasıyla işletmeyi her yönden geliştirerek hayvan

yetiştiricilerine kâr, verimlilik, ürünlerde sağlıklı paketleme, refah, dengeli büyüme, hayvansal ürünler ve hayvanın tüm özellikleri için önemli bir kayda değer bileşenler oluşturmaktadır.

Hızlı nüfus artışı, daha ucuz gıdaların üretilmesi, daha fazla üretim yapılması ve gelir düzeyinin düşüklüğü gibi nedenlerden dolayı hayvansal üretimde verim artırıcı teknolojilerin kullanımı arzu edilmektedir (Abacı, 2015).

1.3. Koyunculuk İşletmesi Açısından Sağladığı Avantajlar

Koyunculüğün ülke ekonomisine birçok faydası vardır. Hayvancılık sektörü, kırsal ve ekonomik kalkınmada olduğu kadar, dengeli ve sağlıklı beslenmede de önemli işlevler yüklenmiş olup, bu sektörün bir faaliyet alanı olan koyun yetiştiriciliğine birçok avantaj sağlamaktadır (Karadaş, 2017). Gübre temizleme teknolojisinde olduğu gibi birçok faaliyet sırasında iş gücü ve zaman kazandırmasının yanı sıra ürün hijyeni ve hayvan sağlığı açısından yetiştiriciye faydalı tercihler sunmaktadır. Benzer şekilde süt sağım makinesi, yün kırma makinesi, patos, RFID cihazlar, mama robotu gibi teknolojiler koyun işletmesinin kâr marjını önemli düzeyde yükseltmektedir.

Koyunculuk işletmelerinde uygulanan teknolojiler ekonomik açıdan hayvan yetiştiricisine kâr sağlayarak büyük çapta yetiştiriciliğin önünü açar ve işletmenin sürdürülebilirliği için avantajlar sağlar. Söz konusu teknolojiler hayvansal üretime katkılarının yanında istihdam alanları oluşturarak ülke ekonomisine katma değer sağlamaktadır (Ergün ve Bayram, 2021). Sektörde ayrıca verimlilik ve

sürdürülebilirliğin artması, yoksulluğun azaltılması, gelir ve refah düzeyinin artırılması ile kalkınmanın gerçekleşmesini sağlayarak, ekonomik bağımsızlığın güçlendirilmesine önemli bir katkıları vardır (Yaman ve ark., 2021). Karadaş (2017), tarım sektörüne istihdam olanağı sağlayan koyunculuktan birçok ürün elde edilmektedir (süt, et, yapağı, deri vs.). Koyunların bağırsaklarından ise sucuk ve sosis dış kaplamalarında, ameliyat yaralarının dikilmesinde, kemik, boynuz ve tırnakları ise düğme, tarak, tutkal ve boya imalatında, yün yağı ise ilaç ve kozmetik sanayiinde kullanılmakta olduğunu bildirmiştir. Yukarıda da anlatıldığı üzere ülke ekonomilerinde önemli bir yere sahip olmasına karşın elde edilen faydalar istenilen düzeyde değildir (Günaydın, 2009). Buna etki edecek ve geliştirecek faktörlerden biri de şüphesiz koyunculuk işletmelerinde kullanılacak teknolojik araç-gereçler olacaktır. Koyunculuk faaliyetlerinin otomasyon ve teknolojik gelişmeler ışığında yürütülmesi zaman tasarrufu sağlamasının yanı sıra sağlıklı paketleme, yüksek gelir elde etme, hayvansal ürünlerin uzun süre muhafazası, seleksiyon olanakları gibi ekonomik değeri olan uygulamaları da sağlayarak, verilerin veri tabanında saklanması gibi durumları da büyük çapta üstlenmektedir.

1.4. Koyun Yetiştiricisine ve Koyunculuğa Sağladığı Avantajlar

Hızla artan nüfusun protein değeri yüksek besin madde ihtiyaçlarını karşılayan hayvancılık sektörü, nüfusun dengeli beslenmesinde de önemli rol oynamaktadır (Ergün ve Bayram, 2021). Yapılan çalışmalar ile insanların ve hayvanların refah, üretkenlikleri

daha da iyileştirilmiştir (Aziz, 2022). Koyunlar, mera ve otlaklardaki doğal vejetasyonu insanların beslenmesi için gerekli et ve süt gibi gıdalara dönüştürürler (Günaydın, 2009).

Nüfusun artması hayvansal ürün talebinin daha zahmetle karşılanmasıyla sonuçlanmaktadır. Böylece daha kârlı ve fazla üretme isteği pek çok teknolojinin üretime girmesine neden olmuştur. Sonuç olarak ülkemizde ve diğer ülkelerde koyunculuk işletmelerinde teknoloji kullanımı ve kayıt tutmada önemli gelişmeler yaşanmıştır. Koyunculukta kullanılan teknolojiler hem hayvan yetiştiricileri hem de koyun refahı için önemli bir aşamadır. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak koyuna takılan küpeler, yüz tanıma cihazları ve diğer elektronik cihazlar hayvan yetiştiricisine büyük kolaylıklar sağlamış, üretime yardımcı ekipmanlar ise bir yandan hayvanın dengeli beslenmesinin önünü açmış bir yandan da yem maliyetlerinde tasarrufa neden olmuştur.

1.5. İşletmeden–Sofraya Teknoloji Kullanımı

Çiftlikten sofraya kadar birçok aşamada hayvansal üretim faaliyetleri önemli bir yer tutar (Günaydın, 2009). Hayvansal üretimi etkileyen en önemli faktörlerden biri de ırktır (Ceyhan ve ark., 2015). Her coğrafyada farklı koyun ırkları yaşamakta ve bu ırklar kendi coğrafyalarına adapte olmuştur. Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği, et, süt, yün, kıl ve deri gibi ürünlerle dondurmadan tekstil sektörü ürünlerine kadar geniş bir çerçevede önem taşımaktadır (Anonim, 2022m).

Teknoloji; hayvansal ürünlerin sağlıklı paketlemesinden tüketim aşamasına kadar birçok alanda önemli bir görev üstlenir. Ürünlerin sağlıklı bir şekilde paketlenmesini, saklanmasını, tasarruflu bir şekilde tüketilmesini, bozulmamasını, dağılmamasını, hangi ürünü ne zaman tüketeceğimizi ve işlemlerin daha sağlıklı bir şekilde yürütülmesi aşamalarında farklı görevler üstlenir. Teknolojik ilerlemeler tarım sektöründe teknoloji kullanımı ve endüstriyellemenin daha da artacağını göstermektedir (Yaman ve ark., 2021). Dünyada hayvancılığın yoğun üretim çabaları ve pazar rekabeti nedeniyle daha endüstriyel bir kimliğe bürünmesini gerçekleştirerek hayvan yetiştiriciliğinde farklı tekniklerin kullanılmasına yol açmıştır. Özellikle hayvanlarda performans artışı sağlayan büyüme düzenleyicileri gibi kimyasalların kontrolsüz kullanımlarını gündeme getirmiştir. Bu uygulamalar zaman içerisinde insan sağlığını tehdit etmeye başlamış ve insanları; hayvansal üretimde yeni arayışlara itmiştir. Tüketicilerin, fazla fiyat ödemeye razı oldukları çevre dostu ve kimyasal içermeyen bitkisel ve hayvansal ürünlere olan talebin artmış olması, konuyla ilgili alternatif arayışları hızlandırmıştır.

2. KOYUNCULUK İŞLETMELERİNDE KULLANILAN TEKNOLOJİLER

Teknoloji; yararlı ürünler üretmeye ve yeni ürünler tasarlamaya yarayan bilgiler bütünüdür. Aynı zamanda, bilginin ve bilgiye dayalı usullerin herhangi bir işin yapılmasına uygulanmasıdır (Yücel, 2006). Teknoloji mal veya hizmetlerin üretiminde veya buna yönelik amaçların gerçekleştirilmesinde kullanılan beceriler, yöntemler,

işlemler, tekniklerin derlenmesi veya bilimsel araştırmalardır (Wikipedia, 2022b). Tarımsal teknoloji seviyesinin artırılması ile tarımsal girdilerin optimize edilerek, kârlılık oranı yükseltilebilir. Aynı zamanda, insan iş gücünün verimini artırarak, yapılan işin maliyetini düşürürken işletme yönetimini de kolaylaştırmaktadır (Anonim, 2022c).

Akıllı tarım teknolojileri, günümüzde verimliliği arttırmak için yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Hayvancılıkta kullanılan teknolojilerin sayısı her geçen gün artmakta ve hayvancılıkta iş gücü gerektiren ve ağır hayvancılık işlerini makineler ile çok daha rahat bir şekilde yapma imkânı tanımaktadır. Hayvan sağlığının, gelişiminin ve güvenliğinin takip edilmesi sayesinde hayvansal ürünlerin daha sağlıklı olmasının sağlanması, hayvan yetiştiricilerin işlerinin kolaylaştırılması, zaman tasarrufu sağlayarak maliyetlerin düşürülmesi amacıyla teknolojiler her geçen gün geliştirilmektedir. Geliştirilen teknolojiler sayesinde hastalık durumları, verimlilikleri, su ve yemlenme ihtiyaçları, üreticilerin hayvanlarının bulunduğu ortamın iklimik durumları, geliştirilen çeşitli teknolojik çözümler ile kayıt altına alınarak üreticinin bu veriler ışığında gerekli işlemleri yapabilmesi sağlanır. Barınakların hayvanlar için en uygun hale getirilmesi için değil aynı zamanda sürü ile ilgili verilerin tutulmasını da sağlayan çeşitli teknolojik çözümler de bulunmaktadır. Günümüz modern teknolojiden faydalanarak tam kontrol, hayvan izleme, üreme, üretim, sağlık ve refah etkilerini kullanan akılcı cihazlar ve teknikler ile doğum, hastalık, genetik

verimlilik gibi etkileri tahmin eden bir hayvancılık teknolojisi ile karşı karşıya kalınmıştır (Anonim, 2022d).

Koyun sayısının artmasıyla hayvan yetiştiricileri işleri kolaylaştırmak için teknik bilgi ve finansman sağlayan moda olmuş teknolojilere ihtiyaç duymuş ve iş güçlerini kolaylaştırma arayışına girmişlerdir. Ordolff (2011), yaptığı bir araştırmada hayvancılık faaliyetlerinin işletmeler nezdinde büyümesi teknolojik araç-gereçlerin ve kayıtların kullanımını büyük ölçüde zorunlu hale getirdiğinin altını çizmiştir. Yine Defra (2021), teknolojinin, hayvancılık sektörünün gelişmesine ve kalkınmasına, işlerin kolaylaşmasına, hayvan refahı-tasarrufuna kadar birçok alanda vazgeçilmez bir değere sahip olduğunu dile getirmiştir.

Hayvancılık faaliyetlerinde kullanılan teknolojik araç ve gereçler, güvenli gıda, yüksek verimlilik elde edilmesine, çiftçi ve hayvan refahına kadar birçok alanda entansif hayvancılık yapılmasına olanak tanır (Berckmans, 2017). Modern hayvancılık yapılmasına önemli bir katkı sağlayan hayvancılık teknolojilerinde, sağlıklı hayvan ürünlerinin pazarlanmasına kadar birçok robotik teknolojilerden yararlanmaktadır ve hayvancılıkta sağlıklı hayvan ve nesillerin yetişmesi için gerekli olan güveni ve kaliteyi barındırmaktadır (Berckmans, 2014; Norton ve ark., 2019). Teknoloji, hayvan üretiminin devamlılığını sağlayan ve hayvan yetiştiricilerinin taleplerini karşılayan bir uygulama taktiği olmakla da üretime faydalar sağlamaktadır (Thornton, 2010).

Teknoloji; hayvanların verimliliğini, kârlılığını, üzerlerindeki çevresel etkilerini, sağlık ve refah parametrelerini, sürekli-gerçek

zamanlı ve otomatik bir şekilde izleyerek-kontrol ederek çiftçileri hayvancılık yönetiminde destekler; tasarlanmış Hassas Hayvancılık (Precision Livestock Farming (PLF) teknolojilerini kullanılmasına olanak tanır (Berckmans, 2014).

Teknoloji koyunculukta verimlilik, izleme ve kendi kendini yemleme olanağı ve zaman tasarrufu sağlar; bunların yanında hayvanların beslenmesini kolaylaştırır, hayvan yetiştirme ve pazarlamayı kolaylaştırır, hayvan ıslahı olanaklarını geliştirir, yemden yararlanmayı artırır, koyunculukta genetik ilerlemeye katkı sağlar, maliyetleri düşürür, sağlıklı hayvan gelişimini destekler (Rainard ve Riollet, 2006).

Hayvancılıkta kullanılan birçok teknoloji vardır (Silva ve Naas, 2006). Bunlar Elektronik Hayvan Tanıma Teknoloji (AIM, 2000; Gökçe ve ark., 2020), Sağım Sistemi Teknolojisi (Uzmay ve ark., 2010; Gökçe ve ark., 2020), Otomatik Hayvan Tartım Teknolojisi (Viazzi ve ark., 2014), Aktivite Ölçer Teknolojisi (Kastelic, 2001), Kızgınlık Tespiti (Gökçe ve ark., 2020), Yem Tüketimi Ölçer Teknolojisi (Uzmay ve ark., 2010; Gökçe ve ark., 2020), Görüntü İşleme Teknolojisi (Göncü ve Gökçe, 2017), Tırnak Kesme Makası (Anonim, 2022k), Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System=GPS) (Göncü ve Gökçe, 2017), Robotik Süt Sığırcılığı Teknolojisi (Alıç ve Yener, 2006), Sürü Yönetim Yazılımları ve İnternet Bağlantıları, Soğutma Tankı Teknolojisi, Sulama Tankı, Gübre Temizleme Teknoloji, Yem İtme Robotu, Mama Robotu, Süt Ölçer ve Takibi Robotu, Yeni Nesil Mobil Traktörler, Elektronik Tartım Sistemi, Kulak Küpesi

(RFID=Radio Frequency Identification = İki bileşenden oluşan bir kablosuz sistemi ifade eder), Etiketler ve Okuyucular, Genetik İyileştirme Cihazları, Sensörler, Elektronik Cihazlar, Sağlık Teknolojisi, Süt Sağım Makinesi, Suni Tohumlama Tekniği, Hayvanların Boyunlarına ve Ayaklarına Takılan Tanımlama Cihazları, Süt Sağım Üniteleri, Günlük Toplam Rasyon Hazırlama Cihazı (Total Mixed-Ration (TMR), Buzağı (Kuzu) Besleme Robotları şeklinde sıralanabilmektedir. Mevcut robotik teknolojiler sayesinde hayvan yetiştiricileri; hayvanların takibini, tükettiği yemi, sütteki yağ ve protein oranını, laktasyon takibini ve hastalık ihtimali gibi durumları kontrol altına alır (Norton ve ark., 2019). Bunların yanında hayvanların özgürce hareket etmelerini sağlayan teknolojilerin varlığı da bilinmektedir (Anonim, 2022f).

Günümüz hayvancılık sektörü, sağım sistemine entegre otomatik süt ölçüm sistemleri, elektronik hayvan tanıma sistemleri, aktivite ölçerler, görüntü analiz sistemleri, otomatik yoğun yem üniteleri, otomatik hayvan tartım sistemi, kaba yem tüketimini ölçen yemlik sistemleri, ultrasonografik görüntüleme cihazları, su tüketimini ölçen suluk sistemleri, sürü yönetim yazılımları ve internet bağlantıları gibi yeni teknolojilerden sıklıkla yararlanmaktadırlar (Çelikyürek ve Karakuş, 2017)

Hayvancılıkta kullanılan teknolojiler hayvan verimlerini, davranışlarını, fizyolojik özelliklerini, çiftlik performanslarını, yem tüketimlerini, sütün rengini, sıcaklığını, canlı ağırlık değişimlerini ve hayvanın tüm özelliklerine yönelik durumları ölçerek kaydeder ve

çıkabilecek sorunları önceden tahmin ederek önlem alınmasına olanak sağlar (Anonim, 2022k). Söz konusu katkılar sayesinde gerekli işlemleri kolaylaşabilmekte ve barınaklarda uygun ortamlar sağlanabilmektedir.

Teknolojinin hayvan yetiştirmeye sağladığı diğer olanakları da Hayvan Barınağı Kontrol ve Takip Sistemi, Isı Takibi ve Kontrolü, Hastalık Önleyici Gözlem ve Alarm Sistemi, Kontrollü Aydınlatma, Yemleme ve Giriş Takibini, Hayvan Sağlığı ve Takibi şeklinde sıralamak mümkündür (Anonim, 2022e). Bazı araştırmacılar (AIM, 2000; Kasteliç, 2001; Viazzi ve ark., 2014) ise hayvancılıkta kullanılan teknolojileri; elektronik sistemler, sağım makinesi, tartım makinesi, aktivite ölçerler, yem ölçüm makinesi, görüntülü sistemler olarak bildirmişlerdir.

Gelişen çağda hayvancılıkta ileri teknoloji unsurları “Bilgisayar destekli sürü yönetim sistemleri” adı altında bir araya gelmektedir (Göncü ve ark., 2015). Yaşanan teknolojik gelişmeler koyunculuk işletmelerinde kulak küpesi, kulak numarası, doğum tarihi, buzağılama tarihi vb. gibi araç ve gereçler tam olarak otomize edilmiş olup izleme, kontrol, üreme, sağlık, refah, doğum, hastalık, önemli etkenleri gerçekleştiren-önlem alan hayvan yönetim sistemlerini beraberinde getirmiştir (AIM, 2000). Bu sistemler aracılığıyla günlük, haftalık, aylık, yıllık gibi raporlar izlenerek tutulan kayıtlardan faydalanılabilmektedir.

2.1. Aktivite Ölçer Teknolojisi

Aktivite bir etkinlik, günlük yaşam içinde enerji tüketimi, vücudun hayati ihtiyaçları içinde bulunan kas ve eklemleri harekete geçirmek ve insan, hayvan gibi varlıkların özelliklerini ölçen-belirleyen bir kavramdır. Davranışların öncede tahmin edilmesine olanak tanıyan uygulama sürü yönetimini önemli düzeyde kolaylaştırabilmektedir. Bunun yanında hayvanların gün içerisindeki hal-hareketlerini dikkate alan teknoloji zaman tasarrufu, üreme sorunlarının giderilmesi ve barınak şartlarının iyileştirilmesi gibi avantajları da beraberinde getirebilmektedir. Söz konusu teknoloji içinde yer alan kistik aktivite ölçer tohumlama başarısını artırır ve sürü yönetimine katkı sağlar. Buna karşılık besi çiftliklerinde hayvan aktivitelerinin takip edilmesi otomasyonda yüksek maliyet oranları gerekçesiyle pek tercih edilmemektedir. Hali hazırda, bazı hayvanlarda sensörlerle hareketlilik ve gezinti tespit edilebilmektedir (Özcanhan, 2016). Mevcut teknoloji hayvanın attığı adım sayısını, geviş sayısını, ayakta kalma süresini, açlık durum tahminini, hastalık ve tedavi tahminini, kaç saat uyuyacağı tahminini de yapabilmektedir.

Koyunların boynuna takılabilen bu cihazlar geviş getirme düzenlerini, hayvanın hareket aktivitelerinin verilerini alır, aldığı bu verileri eski verilerle karşılaştırarak sağlık sorunlarının giderilmesine, kızgınlık zamanlarının tahminlenmesine ve yüksek tohumlama oranına katkı sağlar.

2.2. Elektronik Tanımlama Cihazları

Eskiden günümüze süregelen faaliyetlerde yararlanılan koyunların sağlıklı ortamda barındırılmaları, güvenli ortamda tutulmaları, beslenmeleri ve diğer temel ihtiyaçlarının giderilmesi yetiştiricilerin insanı görevleri arasında yer almaktaydı. Koyuna takılan pasif ve aktif elektronik tanımlama cihazları sayesinde koyunculuk faaliyetlerinde kayıt, sayım, erkek-dişi, yaş, ebeveyn numarası, geçirmiş olduğu hastalıklar gibi bilgi anlık ve sürekli sağlanabilmektedir Hayvanların tanımlanması için mikroçip, bolus veya bileklik, plastik küpeler, elektronik kulak küpesi gibi cihazlar tanımlama aygıtları arasında yer almaktadır (Aziz, 2022). Buna karşılık bazı çalışmalarda kullanılan plastik kulak numarası ve yeni tasarlanan boluslar hayvanın yasal tanımlamalarını yerine getirememektedir (Taşkın ve ark., 2016). Düşünülen faydanın sağlanabilmesi için modernize edilmiş elektronik küpeleme sistemlerinin kullanılması daha yerinde bir uygulamadır.

Elektronik küpeleme, bilgisayar tabanlı pratik bir kimliklendirme biçimidir. Elektronik küpe el terminali gibi bir cihazla kayıt sisteminde kullanılmaktadır. Pasif transponderler radyo frekansları ile çalışmakta ve hayvanların elektronik olarak tanımlanmasına ve hayvanların daha kolay izlenmesine olanak sağlamaktadır (Taşkın ve ark., 2016). Uygulama sürü yönetiminde düzeni sağlar ve işlerin daha sağlıklı giderilmesine katkı verir. Küçükbaş hayvanlarda rumen bolüsleri ve enjekte edilebilen transponderlerin de bulunduğu farklı tanımlama aygıtlarının etkinliği araştırılmaktadır. Bu arada birçok ülkede et ve et

ürünlerinin izlenebilirliği ile ilgili zorunlu ya da gönüllü olarak sürdürülen sistemlerin bulunduğu da bilinmektedir (Daştan, 2022). Son yıllarda hayvanların izlenebilirliği, birçok ülkede özellikle salgın hastalıkların kontrolü amacıyla öncelikli olarak ele alınan konular arasında yer almaktadır (Taşkın ve ark., 2016). Sürünün büyümesiyle paralel olarak artan idare ile bakım besleme güçlükleri teknolojik araç ve gereçlere duyulan ihtiyacı da artırmaktadır. Koyunculuk işletmelerinde elektronik tanımlama cihazlarını Plastik kulak numarası, Tetovir (dövme), Aparatlar, Biyometrik yöntemler (DNA ve Retina taraması), Burun izi, Elektronik Kimlik Numaralar (RFID, Rumen boluslar, transponderler), Elektronik Kulak Numaraları, Elektronik Ayak Numaraları, Deri altına yerleştirilen transponder, elektronik tanımlamalar (transponder, okuyucu, veri toplayıcı, veri yönetimi) şeklinde sıralamak mümkündür (Anonim, 2022g).

Sürünün büyümesi ile hayvancılık faaliyetleri zorlaşmakta ve teknolojiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan biri de küpeleme yöntemidir. Küpeleme koyunların sayılarının tespiti, güvenliği, güncelliği, korunması, hayvanın ve hayvan yetiştiricilerinin işlerinin yanında veteriner hekime de zamanın daha etkin kullanılması ile birlikte uygulama kolaylığı sağlar. Alım-satım işlerinde, sağlıklı-güvenilir gıdanın sağlanmasında ve hastalıkların takip kolaylığında da rol oynar. Koyun hareketlerinin takibinde, hastalık ve salgın durumunda sorunun kaynağına kolaylıkla ulaşılabilir.

2.3. Etiketler ve Okuyucular

Etiket; barkotlu bir sistemde yazılım tarafından otomatik yazılmış ve güvenilir bir kaynağı olan bir teknolojik uygulamadır. Okuyucular ise yazılımda barkotlu cipler sayesinde okutulan ve otomatik bir şekilde anında yazıyı ekrana taşıyan bir sistem olarak bilinir. Tanımlama sistemleri (kulak çentiği, dövme, kulak etiketi vb.) arasında yer alan etiketlenme; koyunu isimlendirmede, renk biçimini ayırmada, nesnelere ayırtırmada kullanılan kulak etiketler, yan etiketler, kuyruk etiketleri ve brisket etiketler gibi ayrımlara tabi tutulan fayda ve görevleri olan teknolojik unsurlar olarak ele alınmaktadır. Etiketler pasif ve aktif olarak iki şekilde ifade edilmektedir. Kullanımı pratik olan yöntemde plastik küpe ilkesi dahilinde koyunun kulağına takılan iki diskten ve farklı takip numaradan oluşan RFID adıyla anılan bir sistem mevcuttur. Okuyuculardan toplanan veriler internet üzerinden bulut tabanlı takip sistemleriyle bilgisayar sistemine aktarılmaktadır (Anonim, 2022g).

Pasif RFID etiketler, ekstansif hayvancılık kullanılan plastik etiketler olarak bilinen metal kimlik etiketler adıyla anılır. Aktif RFID (UHF RFID) etiketler ise sürünün çoğalmasıyla birlikte etiket ve okuyucular kullanılarak ele alınan bir yöntemdir. Bilgilerin sağlam bir şekilde muhafazasına olanak sağlar ve metal kimlik etiketlerin aksine bozulma ve gevşeme özelliklerine sahip değildir. Pasif etiketlerde güç kaynağı olmadığından, aktif etiketlere göre daha az sayıda bilgi depolarlar (Tengilimoğlu ve Yiğit, 2016). Bunların yanında kulak memesine uygulanması, çalılara, ağaçlara, çitlere vb. dolanma nedeniyle kaybolma olasılığını artırmaktadır. Diğer taraftan hayvan

kimlikleriyle ilgili çeşitli dolandırıcılık faaliyetlerinde kullanılan bir uygulama olan etiketın kolayca çıkarılması başka bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır (Odintsov Vaintrub ve ark., 2021).

RFID etiketler, sağlam yapıda elektronik olarak okutulan hata payını en aza indiren istenilen yerde okunabilecek ve sayılabilen özellikler taşır. Teknolojik açıdan RFID etiketleri, taşıyıcı frekans bandına göre iki kategoride gruplandırılabilir: LF (düşük frekans) etiketleri 125–134.2 kHz'de işlev görürken, HF (yüksek frekans) etiketleri 13.56 MHz'de çalışmaktadır (Göncü ve Güngör, 2018). Koyunun kulağına takılan aplikatörler aracılıyla ve iki disk yapısına sahip 15 haneli bir takip numarası ile etiket ve okuyucular olarak da isimlendirilir. RFID cipleri ya da etiketleri hayvan derisinin altına enjekte edilmektedir (Anonim, 2022f). Buraya yüklenen kütük bilgilerle hayvanın kayıp olması durumunda bilgilerine ulaşılabilme olanağı bulunmaktadır. Modern çiftliklerde tercih edilen ve koyunun sayılmasından tanımlamasına kadar farklı aşamalarda sürdürülebilir sürü yönetimine katkıda bulunan IoT (nesnelerin interneti), diğer taraftan beslemede, yetiştirmede, aşıda, yöneltmede, doğum tarihlerinde, üreme zamanında, tartmada, izlenmede, kalitede, ticarete, parazitle mücadelede, zoonoz hastalıklarda, yem kontrollerinde, hırsızlık durumlarında, kaçak avcılıkta ve hayvan gözetimi gibi durumlarda hayvanların bilgilerini otomatikleştirmede önemli bir teknolojik uygulamadır.

2.4. Genetik İyileştirme Cihazları

Birinci sanayi devrimiyle birlikte hayvancılıkta üretimi etkileyen, hayvan genetiğinin yapıları anlaşılmiş ve genetik ıslaha yönelik seleksiyon çalışmalarının başlamasıyla ikinci sanayi devriminde saf ırkların önemi farklı ırklarla melezlenmesiyle genetik iyileştirme yoluna gidilmiştir. Hayvansal gıdaların çok önemli bir kısmını sağlayan çiftlik hayvanlarının verim, ürün kalitesi veya diğer özelliklerinin ıslah edilmesinin yanı sıra geliştirilmesinin temelinde genetik bilimi yatmaktadır (Anonim, 2022h). Çiftçilerin çoğu rekabet güçlerini arttırmak için yeni teknolojik uygulamalara bel bağlarken teknoloji hayvansal üretimde birçok kritik görevi yerine getirmede önemli bir rol oynamaktadır (Göncü ve Güngör, 2018). Bu kritik görevleri üstlenen genetik iyileştirme cihazları koyunların DNA'sını baz alarak genetik belirteçlerle hücresel iyileştirmeler sağlar.

Büyük işletmelerde genetik değerleri çok yüksek hayvanların kendilerinden beklenen performansı göstermeleri teknoloji ve otomasyon sistemleri sayesinde mümkündür (Göncü ve Güngör, 2018). Son yıllarda bilim insanları tarafından bir organizmanın genetik bilgisini taşıyan genomunda düzenleme veya değişiklik yapılabileceği ortaya çıkartılmıştır (Kader Esen ve ark., 2020). Teknolojik ve ekonomik nedenlere bağlı olarak yöntemlerle üretime devam eden gelişmekte olan ülkelerin verim özelliklerinde kaydettikleri gelişmelerin kazanılan genetik ilerleme ile yapılan karşılaştırmada bir hayli geride kaldığı görülmektedir (özellikle ABD, Avrupa ve Okyanusya ülkelerinde) (Emsen ve Koşum, 2009). Bu aşamada genetik

iyileştirme cihazlarının da içinde olduğu teknolojiler ıslah programlarında, ebeveyn olacak hayvanlar hakkında veri sağlamada, damızlık değerlerinin hesaplanmasında ve seleksiyonda ilerlemede ciddi katkılar sağlayacaktır (Soysal, 2016).

2.5. Görüntü İşleme Teknolojisi

Görüntü işleme (Image Processing) yöntemi, dijital ortamlar üzerinden bazı bilgisayar algoritmaları ve görsel teknikler kullanılarak kaydedilmiş görüntüyü amaca uygun hale getirme yöntemidir (Anonim, 2022i). Bu işlemi gerçekleştiren cihazlarının bazıları 2D ve 3D kameralar, kızılötesi derinlik sensörleri, droneler, termal görüntüler gibi teknolojilerdir. Bu teknolojilerin büyük ölçekli işletmelerde hayvanları 7/24 izleyerek, sağlık sorunlarını erken tespit edip, anormal davranışlar konusunda üreticiye zamanında müdahale şansı tanımaktadır (Aydın ve Demir, 2021). Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, Görüntü İşleme Sistemlerinin (GİS) hayvancılık alanında kullanımı, hayvansal ürünlerin renk özelliklerine göre değerlendirme, morfolojik özelliklerin belirlenmesi, üretim dönemi olmak üzere depolama ve tüketim öncesi sağlık ve kalite denetimleri, derecelendirme veya standardize etme konularında yoğunlaşmıştır (Göncü ve Gökçe, 2017).

Hayvanların kırgınlıklarını gözlemlenmede, vücut hareketlerini izlemede, sağlık-hastalık tespitinde, ithalat-ihracatta, canlı ağırlık ve et-süt gelişimlerinde, beslenme durumlarının tespitinde, su içme davranışlarını iyileştirmede, yem kontrollerinde, yatma durumlarını öğrenmede, vücut itme, kafa atma, sıcaklık, nem, toz, ışık, saldırganlık gibi normal ve anormal davranışlarının özelliklerini öğrenmede kullanılır. Görüntü işleme

teknolojisi koyunların refah düzeyinin yükseltilmesinin yanında tıpta (bilgisayar tomografi, manyetik nükleer (PET), rezonans (MR), askeri alanda, trafikte ve uydu görüntülerinde de kullanılabilir. Örneğin termal ve multispektral gibi çeşitli kamera tipleriyle elde edilen bitki görüntüleri işlenerek, ilaçlama, sulama, gübreleme, gibi faaliyetlerin zamanı ve miktarı belirlenebilmektedir (Çevik, 2021).

Tunaz (2021), Görüntü İşleme Metodu' nun mera alanlarının verimliliğinde, hayvanların davranışlarının kayda alınması ile kızgınlık tayini, morfolojik özelliklerin belirlenmesi, yumurtalarda kalite kontrolü, karkas kalitesi ve gebelik tayininde kullanıldığını bildirmiştir. Hayvanlar gelişim durumlarına göre gruplandırılarak, her bir gruba ayrı bakım ve besleme uygulamasının yapılması ile işletme ekonomisine katkı sağlayacağı gibi hayvanların büyüme olayının incelendiği bilimsel çalışmalar için de önem taşıyacağı aşikardır. Bu aşamada sıralananlara olanak sağlayan görüntü işleme teknolojisi, hayvanların refahı ve sağlıkları ile ilgili durumların erken tespitiyle kazanç arttırımına da katkı verebilmektedir (Aydın ve Demir, 2021). Son zamanlarda araştırmacılar tarafından hayvan davranışlarının tespiti için birçok görüntü işleme tekniği ile davranışların fazla detaylandırılması için sensörler ile güçlendirilerek, hayvanların diğer davranışlarının da algılanabilmesine ve beklenmeyen etkileri ortaya çıkarmasına çalışılmıştır. Bu amaçla anlık uyarı sistemleri entegre edilerek, otomatik yönetim sistemlerinin geliştirilmesine büyük katkı sağlayacağı bildirilmiştir (Aydın ve Demir, 2021). İşletmelerin değişim

ve dönüşüm sürecine ayak uydurabilmesi ve rekabet edebilmesi için mevcut gelişmeleri takip etmelidir (Yaman ve ark., 2021).

2.6. Gübre Temizleme Teknolojisi

Koyunculuk faaliyetlerinde verimli olabilmenin şartlarından biri de barınak temizliğidir. Barınakların uygun aralıklarda temizlenerek hayvan isteklerine göre düzenlenmesi bir yandan verimi üzerine olumlu yansırken bir yandan da hastalık ve zararlıların daha az görülmesini sağlar.

Ağıl temizliğinin yapılmasında kullanılan, genel anlamda gübre sıyırıcı robotu, gübre separatörü, gübre pompası, gübre karıştırıcı gibi kısımlardan oluşan gübre temizleme robotları solunum hastalıklarının azaltmasının yanında meme ve ayak hastalıklarını azaltabildiği gibi hava temizliğine katkısıyla hayvanlara refah arttırıcı barınma ortamı yaratır.

2.7. Günlük Toplam Rasyon Hazırlama Cihazı

Rasyon bir evcil hayvanın 24 saat içinde tüm besin ihtiyaçlarını karşılayan tüm yemler ve bunlara ait karışım oranlarını ifade eder (Wikipedia, 2022c). Genel ifadeyle rasyon, farklı metabolik aşamalarındaki hayvanlara yeterli miktarda enerjiyi ve besin madde ihtiyacını sağlaması amacıyla farklı besin bileşenlerini bir araya getirme ile ilgilenir ve hayvansal ürün ile ilgili sanayinin temel faaliyet alanlarından biridir (Gülsün ve Miç, 2018). Toplam Hazırlanmış Rasyon, farklı kaba ve yoğun yem maddelerinin tek bir karışım halinde

verilme şeklidir (Kılıç ve Polat, 2002). Farklı rasyonlarda farklı yem miktarlarının ayarlanması ve verilmesi için otomatik yemlik sistemleri ile su tüketimini ölçen suluk sistemleri ve elektronik kantarlı otomatik kaba-kesif yem karıştırıcı ve dağıtıcıları geliştirilmiştir (İleri, 2022). Otomatik yemleme sistemleri, sürü sağlığı, üreme ve üretkenliğin artırılması bakımından yemleme yönetimini en uygun hale getirmektedir (Anonim, 2022n).

Hayvanlara verilecek yem maddesinin; hayvanların çoğalmaları, büyümeleri ve sağlıkları için hayatî fonksiyonlarını sürdürmeleri amacıyla tüm gerekli bileşenleri ve enerjiyi içermelidir (Gülsün ve Miç, 2018). Bunun sonucunda et, süt, yapağı gibi hayvansal ürünler de daha fazla elde edilir. Hayvanın besin madde ihtiyacı, yaşama payı ihtiyacı, gelişme payı ihtiyacı, laktasyondaki besin madde ihtiyaçları, koyunların besin madde ihtiyaçlarının hesaplanmasında önemli ipuçlarını oluşturmaktadır (Dağ, 2022).

Bilgisayar yazılımları ile birlikte otomatik yemleme teknolojisi kullanılarak hayvanların beslenmesi sağlanır. Bu amaçla yem hazırlama, karıştırma ve dağıtma ekipmanlarından oluşan sistemler kullanılmaktadır. Elektronik yemleme sistemleri; bantlı besleyici, yem dağıtıcı, konvektör bant ve kayar sıyırıcı kombinasyonlara sahiptir. Otomasyon sistemlerinde bir kontrol paneli, programlanabilir bir komut yöneticisi, bir kantar, bir iletişim ara yüzü ve son olarak her yaş grubundaki hayvana yemleme sürecini ve yem tedarikini organize etmek için gerekli tüm ekipmanlardan oluşur (Göncü ve Gökçe, 2017).

2.8. Kızgınlık Tespiti Teknolojisi (Pedometre)

Kızgınlık takip sistemi (pedometre), koyunun ne zaman kızgınlık göstereceğini otomatik ve anlık olarak tespit eden, internetsiz ve bilgisayar olmadan da SMS ile hayvan sahibini bilgilendiren, sürüde işleri kolaylaştıran bir teknoloji cihazıdır.

Kızgınlık durumunda olan hayvanlar kızgınlık belirtisi göstermeyenlere göre daha fazla hareket ederler. Bu özellikleri kullanarak değerlendirme yapan pedometre, atılan adımın sayılması ile kızgınlığın belirlenmeye yardımcı olması, kullanımının kolay olması ve başarı oranının yüksek olmasından dolayı en çok tercih edilen yöntem olduğu bilinmektedir (İleri, 2022). Pedometrenin uygun ve doğru zamanda kullanımı çiftleşme başarısını da arttırmaktadır. Diğer yandan kızgınlık aktivitesinin uyarılmasında hem pratik hem de ekonomik bir yöntem olarak “koç etkisi”nden de faydalanılmaktadır (Yardımcı ve Şahin, 2003).

Kızgınlık tespiti cihazı, genel olarak koyunların boynuna ve ayağına takılarak etiketlenir ve kullanılır. Kızgınlık tespitinde pedometre, radyoteleometri, yamalar, işaretleme aygıtı gibi teknolojik cihazlar kullanılabilir. Bunlardan radyoteleometri bilgisayarlı bir kızgınlık tespit cihazıdır. Diğer taraftan daha çok ineklerde kullanılan yamalar, yetiştiricisine farklı olanaklar da sağlayabilmektedir (Göncü ve Güngör, 2018). Bu bağlamda, hareket ve konum takibi ile yetiştirme ortamlarındaki sıcaklık, nem gibi parametreleri de belirlemek hayvan davranışlarını ve hastalık durumunu takip etmek için farklı sensörler

kullanılmaktadır (Aziz, 2022) Ayrıca bu cihazlar koyunun ayakta durma süresini, tarihini, saatini, biniş süresini de göstermektedir.

2.9. Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS)

Yirminci yüzyılın sonlarına doğru Nesnelerin İnterneti (internet of things), yapay zekâ ve robotik gibi dijital teknolojilerin ortaya çıkması ve bu teknolojilerin dünya çapında uygulanabilir hale gelerek, küresel çapta bir işlerlik kazanması, sosyal ve iktisadi yaşamda değişim ve dönüşüm süreci başlatmıştır (Wikipedia, 2022d). Küresel konumlama sistemi olarak da tanımlanabilen GPS (Global Positioning System), dünya etrafında dönen uydular aracılığıyla yeryüzündeki alıcıların konumu belirlenmektedir (Yakan, 2022). Bu konum bilgisini kullanarak haritada o an bulunan konumu göstermek ve seçilen hedefe ulaşmak için gerekli rota bilgileri hesaplanarak en ekonomik yolu doğrudan seçmek mümkündür (Yakan, 2022). Özellikle coğrafi bilgi sistemi (CBS) ile eşleştirildiğinde, belirli coğrafi alanlarda hayvan hareketi ve yerleşimi hakkında bilgi alınması sağlanabilir (Odintsov Vaintrub ve ark., 2021). Başlangıçta askeri amaçlı olarak kullanılan sistem zamanla sivil yaşamın kolaylaştırılması çalışmalarına da hizmet etmesi için kullanılmıştır. Odintsov Vaintrub ve ark. (2021), söz konusu sistemin geniş mera alanlarındaki koyunların su kaynakları, arazi yapısı ve yabani hayvanların varlıkları da dikkate alınarak yönetilebileceğini bildirmiştir. Sistemde yetiştiriciler hem telefonlarındaki konumdan hem de internet yardımı ile koyunlarının konumlarını tespit edebilmektedir. Cihaz yardımı ile koyunların konumlarının takip edilmesi mümkündür.

2.10. Mama Robotu

Mama Robotu, koyunun öldüğü, hastalandığı, kuzunun emmediği ve koyunun birden çok kuzulaması durumlarında yetiştiriciler tarafından kullanılan bir teknolojidir. Koyuna ve kuzuya hayati destek veren teknoloji, kuzuyu besler ve fizyolojik ihtiyaçları gidererek yetiştiricilik faaliyetlerinde iş yükünü azaltır. Beslenmede süt veya mama kullanılabilen sistemde mamanın sıcak kalmasını da sağlar. Mama robotu, genel anlamda, tekerlekli tahrik ünitesi ve entegre kontrol ünitesiyle birlikte dayanıklı, kompakt, tasarımı kolay, temiz yatay haznesi ve özel bir temizleme moduna sahip olması ile kullanıcı dostu bir arabirime sahiptir (Anonim, 2022b)

2.11. Otomatik Hayvan Tartım Teknolojisi

Otomatik tartım teknolojisi, hayvanların kilosunu ölçen ve gelişme özelliklerini takip eden bir sistem olmasının yanı sıra otomatik kantar ile ölçülen değerleri ID kimlik bilgileri ile birleştirerek radyo frekansı kullanılarak sürü yazılım sistemine gönderen bir teknolojidir. Elektronik süt ölçüm ve hayvan tartım sistemi otomatik yemleme sistemi ile entegre edildiğinde, yemleme daha hassas programlanabilmektedir. Bir hayvanın ağırlığı hayvanın sağlık durumu ve farklı değerleri hakkında önemli bir gösterge olarak kullanılabilir (Uzmay ve ark., 2010). Hızlı bir ayıklanma, görünüm ekranı, acil durum düğmesi, otomatik kumanda sistemi, koyun ve kuzuların ağırlığını ölçen ve koyuna ait her türlü bilginin toplanıp saklandığı otomatik yönetim merkezine sahip teknoloji olan

otomatik tartım sistemi sıralanan özellikleriyle sürü yönetimine olan katkılarıyla verim artışı da sağlayabilmektedir (Anonim, 2022j). Otomatik hayvan tartım teknolojisi, araştırma kurumları, besi çiftlikleri, süt çiftlikleri, damızlık hayvan yetiştiriciliği, çobanlık ve padok yönetimi gibi alanlarda kullanılabilir (İleri, 2022).

2.12. Sağlık Teknolojisi

Dünya Sağlık Örgütü tarafından "bir sağlık sorununu çözmek ve yaşam kalitesini iyileştirmek için geliştirilen cihazlar, ilaçlar, aşılar, prosedürler ve sistemler şeklinde organize bilgi ve becerilerin uygulanması" işlemlerinin tümü sağlık teknolojisi olarak tanımlanmaktadır (Wikipedia, 2022e). Sağlık teknolojilerinin amacı; sağlık hizmetlerinin sunumunu iyileştirmek, sağlık hizmetini kolaylaştırmak, maliyetleri düşürmek ve sağlık hizmet kalitesini arttırmaktır (Altunbudak, 2020). Hayvan ihtiyaçları, hayvan sağlığının, refahının artırılması için yeni üretim standartlarının temelini oluşturmaktadır (Aydın ve Demir, 2021). Bu aşamada gündeme gelen sağlık teknolojisi, hayvanı takip ederek olumsuzlukların erken teşhisinde önemli bir rol üstlenmektedir. Teknoloji sayesinde, hayvanların sağlık ve refah durumlarıyla birebir ilişkili olan davranışların erken tespitinin yapılması, yetiştiriciler ve veteriner hekimler için önemli avantajlar elde edilmesini sağlamaktadır (Aydın ve Demir, 2021).

Koyunculukta kullanılan sağlık teknolojileri koyunun gelişmesi-büyümesi, ürün sağlığı üzerindeki etkisi, yaşam alanları uygunluğunun tespiti için önemli bir sistemdir. Ayrıca et, süt, yapağı gibi ürünler ve

hayvanın tüm sağlık göreceleri bakımından önemli bir faktördür. Koyunun sağlık tespiti konusunda birçok cihazdan faydalanılmaktadır. Bu cihazlar; görüntü işleme cihazı, termografi cihazı (ektoparazit), wifi, bluetoothları, radyo frekans yöntemi, GPS' ler gibi akıllı cihazlardır. Hayvansal üretim için en büyük tehlike salgın hastalıklardır (Göncü ve Güngör, 2018). Sağlık semptomları, anormal davranışlar, vücut ölçümleri, hastalıkları, mastitis, kırmızı kan hastalığı, çiçek hastalığı, deri hastalıkları, kene hastalıkları, zoonoz hastalıkları, şap hastalıkları, beyaz et hastalığı, hemofili hastalığı koyunlarda ve kuzularda en çok görülen hastalıklardır. Bu hastalıklar ekonomik ve sağlık kayıplarının başlangıcıdır. Bu açıdan erken tedavi şarttır. Doğru zaman, hastalığı 3 ila 5 gün daha erken tespit ederek tedavi maliyetlerini ve ölüm oranlarını düşürür; üretim verimliliğini artırır (Göncü ve Güngör, 2018). Sağlıklı sürü yönetimi için koyunların ve kuzuların aşılması sağlanmalı, aşı detayları, çiftlik yönetimleri, üreme ve sağlık durumları gibi detaylar kayıt sisteminde yer almalıdır (Anonim, 2022f).

2.13. Sensörler

Bitkisel ve hayvansal üretimlerin birçok alanında sensörler kullanılmaktadır. Sıcaklık, bağıl nem sensörleri, hava hız sensörleri, karbondioksit sensörleri, amonyak sensörleri ve ışık sensörleri (Göncü ve Güngör, 2018) pH, tuzluluk, iletkenlik sensörleri, akıllı sulama sistemleri, bilgisayarlı sağım sistemleri, akıllı sera sistemleri, girdi kullanımını optimize etmek için değişken oranlı gübreleme, otomatik dümenleme, verim ölçerli biçerdöver, bilgisayar destekli su ürünleri

yetiştiriciliği, sürü yönetim yazılım ve sistemleri, drone kullanımı gibi teknolojileri kullanan dijital teknolojilerden bazılarıdır (Çevik, 2021). Sensörlerin amacı; ortamındaki olayları veya değişiklikleri tespit etmek ve bilgileri diğer elektronik cihazlara genellikle bir bilgisayar işlemcisine göndermek olan bir cihaz, modül, makine veya alt sistemdir (Wikipedia, 2022f). Hareket ve konum takibi ile yetiştirme ortamlarındaki hayvan davranışları ve hastalık tespiti, sıcaklık ve nem gibi parametreleri belirleyen farklı sensörler kullanılmaktadır (Aziz, 2022). Geliştirilen teknolojik sensörler (mikro cipler) sayesinde koyunların vücut sıcaklığını, sütünü, hastalığını, sindirim ve dolaşım olaylarını ölçmek de mümkün hale gelmiştir.

Sensörlerin temel amaçlarını; koyun ve kuzu ölümlerini azaltmak, hastalıkları önlemek, kaliteli ürünler elde etmek, kızgınlığı takip etmek, sıcaklığı ve nemi ayarlamak şeklinde sıralamak mümkündür. Koyunların ayaklarına, boyunlarına, kafalarına takılabilen bileklikler fizyolojik ve morfolojik özelliklerini, geviş getirme sürelerini ve gübre miktarını ölçebilmektedir. Yeni sensör teknolojileri hasta güvenliği ve hasta takibinde maliyet azaltılması konularında yeni bir dönem başlatmıştır (Tengilimoğlu ve Yiğit, 2016). Sensör teknolojisi günümüzde artık koyunlar için de kullanılabilir hale almıştır. Yeni geliştirilen sensörlerin (NIR, SCC ve LDH vb.) kullanıldığı otomatik sağım sistemleri çok daha hızlı ve etkili sonuçlar vermektedir (Göncü ve Göngür, 2018). Ayrıca adımsayar, erken gebelik teşhisi, mastitis, mide asidi monitörleri, mikro cipler, elektronik burun, termonört, pvc membranları, güneş, yağmur, su, rüzgâr,

kalkojenit cam, pH elektrotu gibi sensörler de sağlıklı bir yetiştiricilik için kullanılabilen sensörler arasında yer almaktadır.

2.14. Soğutma Tankı Teknolojisi

Hayvancılıkta kullanılan önemli teknolojilerden biri de et, süt ve süt ürünlerinin muhafazası için kullanılan soğutma tankı teknolojisidir. Bu amaçla kullanılan süt soğutma tanklarının teknik açıdan performanslarının işletme kapasitesi, işletmenin süt satış stratejisi, işletme enerji gereksinimi ve işletme verimliliği ile doğrudan ve dolaylı bir şekilde ilişkisi bulunmaktadır (Günhan ve ark., 2006). Çevresel etkiler (sıcaklık, bakteriler vb.) süt ve süt ürünlerinin çabuk bozulmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle soğutma tankı teknolojisi önemli bir görevi üstlenerek sütü muhafaza etmektedir. Bu sayede ürünün bozulmadan pazarlanabilirliği sağlanmakta, üretimde kayıplar azalmakta ve tüketici sağlığı korunmaktadır. Soğutma tankının amacını yerine getirmesi için hijyenik ortamdan sağlanan çiğ sütün tanka aktarımında da bozulmaya neden olabilecek mikroorganizmalardan arındırılmış olması gerekmektedir (Günhan ve ark., 2006).

2.15. Sulama Tankı

Küçükbaş hayvanların su ihtiyaçlarını karşılamak için başlatma, durma ve çıkış bölümleri olan otomatik sulama sistemleri kullanılabilir. Tüm canlılarda olduğu gibi koyunlar için de hayati fonksiyonları olan suyun yeterli miktarda ve içerikte sağlanması zorunludur. Bu amaca hizmet edebilecek yapıda geliştirilen otomatik sulama sistemleri ve tankların özellikle hayvanlar için suya ulaşımın

kısıtlı olduğu alanlarda önemi her geçen gün artırmaktadır. Hayvanların suya erişimlerini kolaylaştırmayı amaçlayan akıllı sulama sistemlerinde genel olarak sensörler, çeşitli özellikteki termal ve multispektral kameralar, selenoid vanalar, bilgisayarlar ve çeşitli algoritmalar kullanılmaktadır. İrrigatörler, elektronik cihazlar ve saatleri, SCADA (denetleyici kontrol ve veri toplama) sistemleri içerisinde yer almaktadır (Çevik, 2021). Büyük modern çiftliklerde bu olanaklar var iken aile işletmelerinde dağlık alanlarda daha çok sulaklar, dere suları gibi yöntemler kullanılmaktadır. Sağlıklı bir sulama tankı ile hayvanlardan daha fazla verim elde edilmesine ve hayvanların sağlıklı bir yaşam sürmelerine katkı sağlar.

2.16. Suni Tohumlama Teknolojisi

Günümüzde biyoteknolojik yöntemler kullanarak hayvan ıslahını hızlandırmak ve hayvanların verim düzeylerini artırmak mümkün görülmektedir (Emsen ve Koşum, 2009). Bu yöntemlerden biri de Suni Tohumlama Teknolojisidir. Suni tohumlama, doğal aşım veya *in vitro* fertilizasyon dışındaki yollarla *in vivo* dölleme yöntemi ile bir gebelik elde etmek amacıyla spermin dışının serviksine veya uterus boşluğuna bırakılmasıdır (Wikipedia, 2022g). Düşük verimli hayvanların ıslahı için yüksek verim özelliklerinin seçimi veya üstün verimli hayvanların özelliklerinin spermaları vasıtasıyla hızla yayılmasından en etkin ve güvenilir yol suni tohumlama teknolojisidir (Daşkın ve ark., 2015). Hayvansal üretimde hızlı yavru üretimi büyük önem taşımaktadır. Bu bakımdan birim hayvan başına verimin ve genetik karakterlerin ilettilerek sürdürülebilir ıslah programlarının gerçekleştirilmesi ancak

yardımcı üreme tekniklerine ve bunların başında da suni tohumlama tekniği gelmektedir (Daşkın ve ark., 2015). Suni tohumlama tekniği, üreme performansının artırılmasında ve üstün verimli bireylerin yetiştirilmesinin ön plana çıktığı progeny testing ile süt, et ve yün gibi hayvansal verimlerin artırılmasında büyük önem taşımaktadır (Daşkın ve ark., 2015).

Sperma saklama için sıvı azot tankı, su banyosu, kayganlaştırıcı, suni tohumlama kateteri kullanılmaktadır. Azot seviyesi ölçüm cetveli, rektal muayene eldiveni, set çantası, termometre ve alkol, kâğıt havlu, payet tutucu, payet kesici makas, payet tutucu pens, dekonjelatör, kateter kılıfı, suni tohumlamada kullanılan araç gereçlerdir (MEB, 2016).

İleri suni tohumlama hayvansal teknoloji alanında büyük bir ilerlemeye neden olmuştur. Bu yöntemle, kızgınlık senkronizasyonu, suni tohumlama, süperovulasyon, *in vitro* fertilizasyon, *in vivo* ve *in vitro* embriyo üretimi ve transferi, embriyo ve sperma dondurma, transgenik hayvan üretimi ve arzu edilen cinsiyette yavru üretimi, embriyo bölme, kopyalama mümkün hale gelmektedir (Emsen ve Koşum, 2009).

2.17. Sürü Yönetim Yazılımları ve İnternet

Sürü yönetimi kavramı, bir koyunculuk işletmesinden elde edilen gelirin maksimum düzeye çıkarılması için işletmede sürü ile ilgili yapılacak olan veya olması gereken tüm uygulamaları ifade etmektedir (Şahinli, 2014). Sürü yönetimi yazılımı ve internet ağı son yıllarda

büyük gelişme kaydederek süregelmiş ve koyunculuk işletmelerinde kullanıma başlanmıştır. Özellikle elektronik koyun tanıma sistemi hayvanların kayıtlarını, kilolarını, yemlemeye ilişkin değerlerini, kulak numaralarını, ırklarını, cinsiyetlerini, hastalıklarını, aşılarını, ebeveynlerini, sütle ilgili tüm detaylarını, aktivitelerini işlevsel ve bireysel olarak kayıt altına alan otomatik olarak işleten akıllı hayvan yönetimidir.

Alpro, Sae, Afiform, Dairy plan 21 gibi yazılımlar, rutin işlerde yetiştiricilere yardımcı olan bazı sürü yönetim yazılımlarıdır. Sheep Tracker, Sum-It, Flock Filer ve Farmplan gibi mevcut yazılımlar, sürü dinamiklerine genel bir bakış sağlamak ve bireysel olarak hayvanları izlemek için çeşitli kaynaklardan gelen verileri entegre kullanan yazılımlardır (Odintsov Vaintrub ve ark., 2021). Böylece yetiştirici, bu yazılımları kullanarak mevcut verileri yüksek doğrulukla değerlendirebilmektedir (Göncü ve Güngör, 2018). Ayrıca içerdiği formlar sayesinde de günlük işleri ve hatırlatmaları, tohumlamaları, hayvan takibini, rasyon hazırlanmasını, sütle ilgili kalite ölçümlerini ve verimliklerini, hayvan muayenelerini, soy kütüğü bilgilerini, buzağılama ve kuruya çıkarmaya ilişkin bilgileri, gebelik kontrolü ve sağlık kontrol sonuçlarını, teşhis edilen hastalıklar ve uygulanan tedavilere ilişkin bilgileri rapor ederek de üreticileri bilgilendirir (Uzmay ve ark., 2010; Aziz, 2022). Sürü yönetim yazılımlarını kullanarak sürü performans takibini ve elde edilen veriler ile ideal değerlerin mukayese imkânı sonucu planlı üretime olanak sağlaması ile

işletmenin uzun vadeli ıslah ve üretim stratejilerini projelendirmesi mümkün duruma gelebilecektir (Göncü ve Gökçe, 2017).

2.18. Süt Ölçer ve Takibi Robotu

Küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde kullanılan bu teknoloji süt sıcaklığını, mastitis varlığını, süt akış debisini, süt sağım zamanı ve süresini, süt verim ve elektrik iletkenliğini kaydederek bunlar hakkında yetiştiricilere bilgi sağlamaktadır. Sistemde bilgisayar aracılığıyla sütü iletir ve koyuna ait bilgileri saklar.

2.19. Süt Sağım Makinesi

Zor bir işlem olan elle sağımda, eli sürekli sıkıp-gevşetme işlemi yapıldığından, 1 sağımcı 20 başlık bir sürüde yaklaşık olarak günde 10.000–12.000 kez elini sıkıp gevşetmektedir. Bu durumdaki sağımcılar bir süre sonra ellerini kapatmakta zorluk yaşamaktadırlar (Kıyıcı, 2018). Buna bağlı olarak geliştirilen ve sağımı çok kolay hale getiren sağım makinelerinin kullanım yoğunlukları her geçen gün artmaktadır. Yapılan birçok çalışma ve teknolojik gelişmelerin de yardımıyla son elli yıl içerisinde sağım otomasyonu, insan müdahalesi olmaksızın yapılabilir (Türkyılmaz, 2005).

Küçükbaş hayvancılıkta da kullanılan teknoloji iş gücü tasarrufu ve gelir artışı sağlamaktadır. Kullanılan teknoloji bir yandan kalifiye eleman gerektiren işin daha hızlı yapılmasına olanak sağlarken bir yandan da hijyenik üretime destek vermektedir (Türkyılmaz, 2005). Süt ölçer cihazların bir kısmında ve sürü yönetim sistemlerinde kullanılan sağım makinalarında çeşitli algılayıcılar bulunmaktadır. Bu

algılayıcılar sağımda elde edilen sütün miktarı, sütün akış hızı, Eİ (Elektrik iletkenliği) değeri, sağım süresi ve sıcaklığı gibi bilgileri bilgisayar ortamına kaydederek hayvandaki bazı fizyolojik değişimlerin belirtisi olarak değerlendirmeye de alınabilmektedir (Onur, 2016). Teknolojik gelişmelerle birlikte modern işletmecilik anlayışı değişmekte ve insanoğlunun yaşam standartlarını arttıracığı, süt üretiminin ekonomik anlamda kârlı ve cazip duruma getirmesi beklenmektedir (Demir ve Öztürk, 2010).

2.20. Süt Sağım Sistemi Teknolojisi

Süt işletmelerinin ana gelir kaynaklarından biri olan sütün elde edilmesi sağımın, doğrudan veya dolaylı olarak yapılması, işletmelerin üzerinde önemle durdukları bir işletme fonksiyonu ve işlemidir. Koyunculuk faaliyetlerinde kritik teknolojilerinden biridir. Üniter bir özelliğine bağlı olarak toplanan hayvanların sağımı açısından önemlidir. Otomatik süt sağım sistemleri, meme başlığındaki lastiğin iç kısmına sürekli vakum uygular ve oluşturduğu basınç farkı ile sütün sağılmasını sağlar. Süt koyunu üretimine otomatik vakum kapatma sistemlerinin getirilmesi, sağım sürecinin fiziksel yükünü azaltmayı, aşırı sağım riskini azaltmayı ve işçilik gereksinimlerini azaltmayı amaçlamaktadır (Odintsov Vaintrub ve ark., 2021).

Süt sağım sistemlerinin kullanılmasının amacı daha ucuz üretim yaparak rekabet şansı elde etmek ve koyunculuk işlerini kolaylaştırarak daha az zamanda çok üretmektir. Demir ve Öztürk (2010), sağımda süt verimini arttırmak için üreticilerin sağım sistemlerini etkin bir şekilde

kullanmaları ve iyi bir sağım sistemi teknolojisine sahip olmaları gerektiği üzerinde durmaktadır.

Hayvan sayısı fazla olan işletmelerde bulunma olasılığı daha fazla olan sistem, işçilik giderlerini azaltırken zamanın etkin kullanılmasına olanak sağlamakta ve ayrı ayrı hücresele duraklarla işlenen kelebek kapıları, sağım çukurlarını ve galvaniz yemlikleri içerebilmektedir. Süt sağım sistemlerinde bulunan çıkışlar genellikle pinomatik silindirik, kilitler ve yemlikler pistonlu, durak çıkışları demirli sıcak daldırılmalı ve demonte özelliğine sahiptir. Bunların yanında döner ayırıcılar, pislik tutma sacı, su valfi, hava kurutucular ve otomatik süt sağım üniteleri de mevcuttur. Otomatik süt sağım sistemleri hayvan sütünü, kalitesini, süt litre sayar ayarını, mastitis varlığını, süt sıcaklığı gibi ilgili bilgileri otomatik ölçerek kaydedilmesine olanak sağlar.

2.21. Tırnak Kesme Teknolojisi

Koyunların tırnakları sert dayanıklı keratinden biyolojik süreçlerle oluşmaktadır. Koyunlar merada dağlık alanlarda otlatılarak beslenirler ve bu süreçte tırnaklarda aşınma, uzama gibi rahatsızlıklar ortaya çıkabilmektedir. Koyunların ayaklarını tabana düzgün bastırması ve sağlıklı tırnaklara sahip olması için hayvanın tırnakları gerek el makası gerekse tırnak kesme teknolojisi ile koyuna rahatsızlık vermeden kesilmelidir. Tırnak kesme robotu daha çok modern çiftliklerde kullanılmaktadır. Kurulan teknolojiye önce hayvan hücreye gönderilir ve hücrede tutularak otomatik cihazla ters çevirerek her dört ayağı bağlanır ve tırnak kesme robotu ile ayak tırnakları kesilir. Tekrar

koyun cihazla düzleştirilir ve hücreden çıkartılarak meraya bırakılır. Tırnaktaki fazlalıkları kabaca ortadan kaldırmak için keski, tırnak kerpeteni, tahta tokmak ve tırnağın üzerine yerleştirileceği tahta takoz, ağzı sağa veya sola dönük suntırıç, büyük tırnak makası, daha ince kesim ve düzeltme işleri ile yarık ve çatlakları kazıyıp uzaklaştırmak için ise ağzı sağa veya sola dönük tırnak bıçağı (renet), avuç içi taşılama aleti ve tırnak törpüsü gibi ekipmanlar kullanılır.

2.22. Yem İtme Robotu

Günümüzde küçük hayvancılık işletmelerinde el arabası ile yem dağıtımı yapılmaktadır. Bununla beraber sepet, kürek gibi basit el aletleri kullanılmaktadır. Büyük işletmelerde bu işlem daha çok traktörle çalışan veya kendi yürür mobil tip dağıtıcılarla yapılmaktadır (MEB, 2016). Yemleme yapıldıktan sonra dağılan yemleri toplayan robotlar kullanılması özellikle büyük işletmelerde yem tasarrufuna ve hayvanların besin ihtiyaçlarının giderilmesine katkı sağlamaktadır.

Yem itme robotları, işletmenin istediği zamanda ve dilediği rotaya göre yem yolundaki yemi hayvanlara doğru itmektedir. Bu sayede hayvanlar 24 saat boyunca yeme ulaşmasını ve verilen yemi tüketmesini sağlar. Böylece hayvanların rumen sağlığı ve genel konforu artar ve sonuç olarak maliyetleri düşürerek, süt veriminin artmasına neden olur.

2.23. Yem Tüketimi Ölçer Teknolojisi

Koyunların yemlenmeleri üretim sistemleri ve işletmelere göre değişmekle birlikte gün içerisinde genellikle üç öğün şeklinde

planlanmaktadır. Koyunların yemleri otomatik cihazlarla ölçülerek verilebilir ve bu ölçümlerde kullanılan yem ölçer teknolojileri kullanılabilir.

Besleme otomatları, bilgisayar programcısı tarafından yemler ölçülerek ayarlanır. Canlı ağırlık, laktasyon dönemi ve hayvan yem stok bilgileri gibi gelişmiş seçenekler kullanılarak optimum besleme programları yapılabilmektedir (Göncü ve Güngör, 2018). Yonca, mısır silajı, ot, saman gibi yem gereçleri, yem ölçüm filtresi ile oluşturularak yem tablasına yüklenir ve karıştırılarak hayvanlara verilir. Otomasyon sistemleri, basit olarak bir kontrol paneli, programlanabilir bir komuta yöneticisi, bir kantar, bir iletişim arayüzü ve son olarak her yaş grubundaki hayvana yemleme sürecini ve yem tedariklerini organize etmek için gerekli tüm ekipmanlardan oluşur (Göncü ve Güngör, 2018).

2.24. Yeni Nesil Mobil Traktörler

Yeni nesil mobil traktörler traktör üzerine monte edilen mobil cihazlar sayesinde faaliyete geçerek, otomatik bloklarla sürücüye gereksinim duymadan da işlerin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Verilen komutlar sayesinde tarımsal faaliyetlerde kullanılan bu sistemler pratik işleri yaparak üretimde etkisini göstermektedir. Akıllı traktörlerle çiftçilerin ve hayvan yetiştiricilerin işleri kolaylaşmakta, iş gücü ve maliyet azalmaktadır. Bunların yanında uygun yazılımlar ve arayüzlerle akıllı telefonlarla da kontrol edilebilen traktörler zoonoz hastalıklarla mücadeleden hayvansal ürünlerin muhafazasına kadar birçok alanda kullanılabilir (Anonim, 2022o).

2.25. Yapağı Kırkım Teknolojisi

Koyunların kırkımı, genellikle yaz mevsiminin sonlarında yapılarak hayvanı zararlı parazitlerden kurtarmak, yapağısından faydalanmak, koyunun serinlemesini sağlamak ve daha iyi gelişmeler için hem el makası hem de kırkım makinesiyle yapılan bir işlemdir (Omrak, 2019). Koyunlar kırkım yapılmadan önce yıkama banyosundan geçirilmelidir. Kirli ve gübreli yapağılar için önemli olan bu işlem hayvanın kırkıma hazır hale gelmesini sağlar; yara almasını önler.

Yapağı kırkımı ya da hasadı için bir diğer yöntem ise Avustralya'daki Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)'daki bilim adamları tarafından, Bioclip® Pty Ltd isimli biyolojik bir ilaç geliştirmişlerdir. Bu biyolojik ajan bir yün hasat sistemidir (Wool Harvesting System-WHS); yün folikülleri kırılarak yapağının kendi kendine düşmesine sebep olmaktadır. Bioclip®'in, büyük ölçekli ticari koyun sürülerindeki yapağuların hasadı için etkili bir biyolojik ajan olduğu gösterilmektedir. Bioclip®, hayvan fizyoloji sisteminin doğal bir ürünü olan Epidermal Büyüme Faktörü (Epidermal Growth Factor-EGF) adı verilen kısa zincirli bir proteine dayandığı bildirilmektedir (Wuliji, 2019).

2.26. Otomatik Sulama Sistemi

Büyük ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde enjektörlü ve pompalı, şamandıralı yalıklı, şamandıralı çanaklı otomatik suluklar kullanılabilir (MEB, 2016). Bu sulamalar otomatik ve manuel

özelliği ile tedarik kanallara ve sulaklara doldurulması işlemini gerçekleştiren teknolojilerdir. Bu teknolojiler pnömatik sistem (otomatik açma ve kapama düğmelere sahip cihaz), taşınabilir zamanlayıcı sistem (elektronik saatlerle çalışan bir sistem), zamanlayıcı/sensör hibriti (hem elektronik hem de radyo frekanslarının yardımı ile çalışan bir sensör cihazı), ve SCADA (denetleyici kontrol ve veri toplama cihazı) zamana bağlı olarak açma-kapama özelliğine sahip olmakla birlikte düzensiz sulamada kendini yenilemektedir (Çevik, 2021).

Sulaklara su pompalayarak bir yandan zamandan ve işçilikten tasarruf sağlayan sistem bir yandan da debide iyileştirme ve kesme yapısıyla uygun sulamaya olanak tanımaktadır. Sulamada yaşanması muhtemel aksaklıklar vücutta toksinlerin birikmesi gibi hayati fonksiyonların durmasına kadar varabilen olumsuzluklara neden olabilmektedir. Söz konusu sorunların yaşanmamasını hedef alan akıllı sulama sistemlerinde çeşitli özellikteki termal ve multispektral kameralar, sensörler, bilgisayarlar ve çeşitli algoritmalar ile selenoid vanalar kullanılmaktadır (Çevik, 2021).

2.27. Yem Karma Makinası

Paketlenmiş samanları, yoncaları ve ot balyalarını parçalamak için kullanılan yem karma veya karıştırma makineleri genel olarak 4 kapaklı içi tabanlı oval şekline bürünmüş boşaltma kapıları olan yapılardan oluşmaktadır. Hayvancılık faaliyetlerinde büyük öneme sahip olan makineler gücünü traktörlerin kuyruk milinden veya elektrik motorundan almakta; çekilir tip, termik motorlu kendi yürür yem karma tipi, sabit veya asılır tip ve az sayıda ve dağıtma makineleri olarak

sınıflandırılmaktadır (Akdeniz, 2015). Elle beslemede çeşitli katkı maddelerinin karma içerisinde homojen bir şekilde dağıtılması güçtür (MEB, 2016).

Karışımlarının homojen dağıtımıyla bu olumsuzluğun da giderilmesine katkı sağlayan yem karma makineleri koyunların dengeli beslemesinde önemli bir yere sahiptir. Hayvanların istenilen verim seviyelerine ulaşabilmesi için kaba kuru yem, yeşil yem, silo yemi ve kesif yemin çeşitli oranlar dahilinde verilmesi zorunluluğu konu ile ilgili çeşitli makinelerin çoğalmasına neden olmuştur. (Akdeniz, 2015). Karma yemin üretim aşamasında en önemli aşamalar; karıştırma, yeme form verme, öğütme aşamalarının olduğu ve bu aşamalarda geliştirilen teknolojiler sayesinde yemlerdeki yem değerleri ve kalitelerinde olumlu etkiler olduğu bildirilmiştir (Akbay ve Ak, 2018).

2.28. Yem Öğütme (Parçalama)

Öğütme, katı yem hammaddelerin farklı büyüklükteki boyutlarını eşitleyerek homojen karmalar elde edilmesini sağlayan önemli bir işlemdir (Akbay ve Ak, 2018). Yem kırma makineleri; hayvan yemi yapmak amacıyla çavdar, mısır, yulaf, buğday, arpa vb. taneli ürünlerin kırılarak öğütülmesinde kullanılan makinelerdir (MEB, 2016). Bu makineler hayvan yem çeşitlerinin karıştırılmasında, parçalanmasında, homojen dağılımın sağlanmasında, besinin kolay parçalanarak çiğnenmesinde ve besininin midede sindirimlerinde büyük oranda katkı sağlayarak hayvanın büyüme-gelişmesinde rol oynar. Kırma-öğütme ya da kıyma-parçalama düzenlerine materyal, işlenecek materyalin çeşidine göre uygun bir götürücü (helezonlu, bantlı, zincir paletli) ile

verilir (Yıldız, 2022). Rasyonu oluşturan yem bileşenlerinin iyi bir şekilde karıştırılması sayesinde yemin ekonomik bir şekilde kullanılması ile birlikte hayvanları da gereken şekilde besleme işlemi gerçekleştirilmektedir (MEB, 2016). Öğütme, karıştırma ve yeme form (toz, pelet veya granül) verilmesindeki teknolojik gelişmeler, karma yemin üretilmesindeki en önemli aşamalara katkı sağlayan gelişmelerdir (Akbay ve Ak, 2018).

2.29. Patos

Yem ve çeşitlerini ufak parçalar haline getiren, halk arasında sap döver, harman makinesi olarak adlandırılan ve bir ot harmanlayan teknoloji olan patos, yetiştiricilerin işlerini çok kolaylaştırarak onlara zaman kazandırmakta ve gelir artışı sağlamaktadır. Özellikle sert kabuklu besinleri parçalayarak koyunlara beslenme kolaylığı sağlayan teknoloji, besin maddelerini saman haline getirerek kuzu ve koyunun sağlıklı beslenmesine yardımcı olmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma FYL-2022-9834 numaralı proje kapsamında yapılan çalışmanın literatür taramasından elde edilmiş verilere dayanmaktadır. Bundan dolayı destek sağlayan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi' ne teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Abacı, Z.T. (2015). Ardahan tarımında gelişmiş teknolojilerin uygulanabilirliği. İğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5 (1): 37-44.
- AIM (2000). Draft paper on the characteristics of RFID systems. The Association of the Automatic Identification and Data Capture Industry. http://www.next-up.org/pdf/RFID_Characteristics.pdf. Erişim tarihi:02.01.2022.
- Akbay, K.C., & Ak, İ. (2018). Karma yem teknolojisindeki gelişmelerin karma yem kalitesine ve yem değerine etkileri. Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 32 (2): 175-188.
- Akdeniz, M. (2015). Küçük kapasiteli elektrikli kendi yürür yem karma ve dağıtma makinesinin bilgisayar destekli tasarımı (yüksek lisans tezi, basılmamış). Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Aydın.
- Alıç, D., & Yener, S. (2006). Süt sığırcılığı işletmelerinde robotlu sağım sistemi. Journal of Agricultural Sciences, 12 (04): 369-380.
- Altunbudak, N. (2020). Sağlık teknoloji nedir? <https://www.saglikteknoloji.com/saglik-teknoloji-nedir/>. Erişim tarihi: 11.8.2020.
- Anonim (2022a). Kırsal dezavantajlı alanlarda tarımsal-kırsal kalkınmaya yönelik model geliştirilmesi ve elma, kiraz, üzüm ve çilek meyvelerinde değer zinciri analizi araştırma ve etüt projesi. Üretici rehberi. Küçükbaş hayvancılık. PGlobal küresel danışmanlık ve eğitim hizmetleri A.Ş., <http://www.kop.gov.tr/upload/dokumanlar/227.pdf>. Erişim tarihi: 22.12.2022.
- Anonim (2022b). Mobil buzağı mama makinesi – Milkbuggy. <https://www.met-farm.com/mobil-buzagi-mama-makinesi-milkbuggy/>. Erişim tarihi: 02.01.2022.
- Anonim (2022c). Tarımda teknolojik dönüşümler grubu çalışma belgesi, Tarım OrmanŞurası.https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/330/Sayfa/1416/1778/DosyaGaleri/17._tarimda_teknolojik_donusumler.pdf. Erişim tarihi: 02.02.2022.

- Anonim (2022d). Tarım teknolojileri son trendler. <https://www.tarnet.com.tr/medya-merkezi/blog/tarim-teknolojileri-son-trendler/>. Erişim tarihi: 03.02.2022.
- Anonim, (2022e). Tarıma yön veren 10 yeni teknoloji. <https://turkishtimedergi.com/tarim/tarima-yon-veren-10-yeni-teknoloji/>. Erişim tarihi: 27.01.2022.
- Anonim (2022f). Hayvancılık sektöründe RFID kullanımı. <https://www.ilgazi.com/blog/hayvancilik-sektorunde-rfid-kullanimi/>. Erişim tarihi: 14.11.2022.
- Anonim (2022g). How RFID is transforming the livestock-management industry. <https://rfidjournallive.com/content/blog/how-rfid-is-transforming-the-livestock-management-industry/>. Erişim tarihi: 14.11.2022.
- Anonim (2022h). Tarım ve hayvancılıkta son gelişmeler, en yeni yöntemler, farklı yaklaşımlar. <http://incekara.info.tr/tr/gazete/sayi-67/tarim-ve-hayvancilikta-son-gelismeler-en-yeni-yontemler-farkli-yaklasimlar>. Erişim tarihi: 09.10.2022.
- Anonim (2022i). Görüntü işleme teknolojisi (Image Processing). <https://medium.com/@gizemcumen85/görüntü-işleme-teknolojisi-image-processing-262bb58fbb27>. Erişim tarihi: 09.10.2022.
- Anonim (2022j). Otomatik tartım sistemi. <https://merlabltd.com.tr/p/kucukbas-hayvan-ekipmanlari/otomatik-tartim-sistemi.html>. Erişim tarihi: 08.10.2022.
- Anonim (2022k). Farm management. Milk production on robot farms. Lely Holding S.a.r.l. The Netherlands. https://www.ley.com/media/filer_public/72/d4/72d4ae24-7f7b-440c84af01d2d7a80715/fms_melkwinning_brochure_en.pdf. Erişim tarihi: 02.01.2022.
- Anonim (2022m). Küçükbaş hayvancılık çalıştay raporu. <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/kucukbas-hayvancilik-raporu.pdf>. Erişim tarihi: 05.10.2022.
- Anonim (2022n). Otomatik yem hazırlama ve dağıtma sistemi. <https://dergi.sutdunyasi.com/makaleler/teknik/otomatik-yem-hazirlama-dagitma-sistemi/>. Erişim tarihi: 17.09.2022.
- Anonim (2022o). Akıllı traktör sistemleri. <https://ats.tarnet.com.tr/>. Erişim tarihi: 09.10.2022.

- Aydın, A., & Demir, C. (2021). Büyükbaş hayvancılıkta görüntü işleme ile sağlık ve refah tespiti. *Lâpseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi*, 2 (4): 1-15.
- Aydın, İ., & Günlü, A. (2010). Hayvancılık işletmelerinde teknik ve finansal verilerin tutulmasına ve değerlendirilmesine yönelik bir bilgisayar yazılımı. *Veteriner Hekim Derneği Dergisi*, 80 (4): 21-30.
- Aziz, D. (2022). Akıllı hayvancılık teknolojileri. *Hayvancılık, Apelasyon Dergisi*, 2022 04 / Sayı: 101.
- Bayraç, N., & Doğan, E. (2018). Teknoloji yoksulluğu ve Türkiye' de ihracatın ithalata olan bağımlılığı. *International Journal of Social Inquiry*, 11 (1): 17-42.
- Berckmans, D. (2014). Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Revue Scientifique et Technique*, 33 (1): 189-96.
- Berckmans, D. (2017). General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, 7 (1): 6-11.
- Ceyhan, A., Şekeroğlu, A., Ünalın, A., Çınar, M., Serbestler, U., Akyol, E., & Yılmaz, E. (2015). Niğde ili koyunculuk işletmelerinin yapısal özellikleri ve sorunları üzerine bir araştırma. *Niğde Üniversitesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Doğa Bilimleri Dergisi*, 18 (2):60-68.
- Çelikyürek, H., & Karakuş, K. (2017). Ekolojik hayvancılıkta bilgisayar teknolojisi kullanımının önemi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5 (13): 1750-1756.
- Çevik, M. (2021). Tarımda teknoloji verimlilik ve tasarruf sağlıyor. <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/619/tarimda-teknoloji-verimlilik-ve-tasarruf-sagliyor>, Erişim tarihi: 22.05.2021.
- Dağ, B. (2022). Koyunculukta pratik rasyon hazırlama. <https://slideplayer.biz.tr/slide/9554663/>, Erişim tarihi: 02.10.2022.
- Daşkın, A., Tekin, K., Olğaç, K.T., & Aksel, A.A. (2015). Ankara Keçilerinde donmuş sperma ile laparoskopik, transservikal-intrauterin ve intraservikal tohumlama yöntemlerinin gebelik şansına etkileri. *Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Sonuç Raporu*, 15.09.2015.

- Daştan, P.B. (2022). Et ve et ürünlerinin çiftlikten sofraya izlenebilirliği ve takip edilmesinde RFID teknolojisinin kullanılması (yüksek lisans tezi, basılmamış). İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Defra (2021). The road to sustainable agriculture: agricultural transition plan from 2021 to 2024. London. <https://staging.bva.co.uk/media/3871/agricultural-transition-plan.pdf>.
- Demir, B., & Öztürk, İ. (2010). Robotlu sağım sistemleri. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Erzurum. 19 (B)–2010(21-27). ISSN:1307-3311.
- Emsen, E., & Koşum, N. (2009). Koyunculukta yeni üretim teknikleri. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 23 (2): 33-42.
- Ergün, O.F., & Bayram, B. (2021). Türkiye’ de hayvancılık sektöründe yaşanan değişimler. Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi, 10 (2): 158-175.
- Ertaş, N., & Deniz., O. (2018). 1991 sonrasında Van’ da küçükbaş hayvancılığın gelişim seyri ve sorunları. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 3-6 Ekim 2018 /3-6 October 2018, Ankara.
- Gökçe, G., Göncü, S., & Bozkurt, S. (2020). Endüstri 4.0 ve hayvancılık. Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi, 2 (3): 21-26.
- Gökırmaklı, Ç., & Bayram, M. (2018). Gıda için gelecek öngörülere: Yıl 2050. Akademik Gıda, 16 (3): 351-360.
- Göncü, S., & Gökçe, G. (2017). Türkiye’ de sığır besiciliği işletmelerinde kârlı ve sürdürülebilir üretim için teknolojik uygulamalar. Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 32 (1): 29-34.
- Göncü, S., & Güngör, C. (2018). The innovative techniques in animal husbandry. DOI:10.5772/intechopen.72501,<https://www.intechopen.com/chapters/58095>, Erişim tarihi: 18.12.2022.
- Göncü, S., Koluman, N., & Mevliyaoğulları, E. (2015). Entansif süt sığırcılığı işletmelerinde kullanılan sürü yönetim yazılımları karşılaştırılması. 9. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Sözlü sunum, ss:108-118, 3-5 Eylül 2015, Konya.

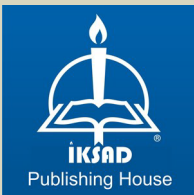
- Gül, S., & Ekici, H. (2020). İvesi koyunlarında farklı yaşta süttten kesimin kuzularda büyüme ve süt verimi üzerine etkisi. *Journal of Animal Science and Products*, 3 (2): 95-103.
- Gülsün, B., & Miç, P. (2018). Rasyon hazırlamada temel yem miktarlarının ekonomik olarak belirlenmesi için çok amaçlı programlama yaklaşımı. *Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7 (2): 634-648.
- Günaydın, G. (2009). Koyun yetiştiriciliğinin ekonomi politiği. *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23 (2): 15-32.
- Günhan, T., Demir, V., & Bilgen, H. (2006). Çiftlik tipi süt soğutma tanklarının performans değerlerinin deneysel olarak belirlenmesi. *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makine Bölümü. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2 (4): 369-379.
- İleri, S. (2022). Akıllı tarım teknolojilerine genel bir bakış endüstri 1.0' dan tarım 4.0'a hayvancılık teknolojilerinde akıllı tarım uygulamaları (Bölüm4). <https://www.moment-expo.com/tr/dergiler/159/makale>. Erişim tarihi: 02.10.2022.
- Kader Esen, V., Cemal, İ., & Elmacı, C. (2020). Genom düzenleme teknikleri ve hayvan ıslahında kullanılabilirliği. *Journal of Animal Science and Products*, 3 (2): 189-209.
- Karadaş, K. (2017). Şanlıurfa ilinde koyunculuk işletmelerinin sosyo-ekonomik durumu: Siverek ilçesi örneği. *Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (2): 268-279.
- Karakuş K., & Aşkın Y. (2007). Anadolu merinosu ve Malya koyunlarında kızgınlığın toplulaştırılması ve bazı döl verimi özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 17 (1): 17-20.
- Kastelic, J.P. (2001). Computerized heat detection. *Advances in Dairy Technology*, 13: 393-402.
- Kılıç, A., & Polat, M. (2002). Süt sığırcılığında toplam harmanlanmış rasyon uygulaması ve vücut kondisyon testi. *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü Hayvansal Üretim*, 43 (1): 1-11.

- Kıyıcı, J.M. (2018). Türkiye’ de süt sağım teknolojisi projeksiyonu. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 33 (1): 7-11.
- Koca, A. (2014). Karaman ilinde koyunculuk üretim faaliyetine yer veren işletmelerin yapısal analizi (yüksek lisans tezi, basılmamış). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Konya.
- Koçak, R. (2020). Beşinci sanayi devrimi: Toplum 5.0 ve yapay zekâ kültürü. *Uluslararası Halkbilimi Araştırmaları Dergisi*, 5: 1-17.
- MEB (2016). Hayvan beslemede kullanılan makineler. Millî Eğitim Bakanlığı. Ankara. [http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Hayvan Beslemede Kullanılan Makineler.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Hayvan_Beslemede_Kullanilan_Makineler.pdf). Erişim tarihi: 10.11.2022.
- Norton, T., Chen, C., Larsen, M.L.V., & Berckmans, D. (2019). Review: Precision livestock farming: building 'digital representations' to bring the animals closer to the farmer. *Animal*, 13 (12): 3009-3017.
- Odintsov Vaintrub, M., Levit, H., Chincarini, M., Fusaro, I., Giammarco, M., & Vignola, G. (2021). Review: Precision livestock farming, automats and new technologies: possible applications in extensive dairy sheep farming. *Animal*, 15 (3): 2021.
- Omrak, H. (2019). Koyun kırkma küçükbaşlarda sağlıklı gelişimin olmazsa olmazı. Mayıs-Haziran 2019 / Hayvancılık, 02.05.2019. <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/263/koyun-kirkma-kucukbaslarda-saglikli-gelisimin-olmazsa-olmazi>. Erişim tarihi: 11.10.2022.
- Onur, S. (2016). Süt ölçüm ve takip istasyonu için otomasyon yazılımı geliştirme (yüksek lisans tezi, basılmamış). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir.
- Ordolff, D. (2011). Introduction of electronics into milking technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 30 (1–3): 125-149.
- Özcanhan, M.H. (2016). Giyilebilir duyargaların kesin besicilikte büyükbaş hayvanlara uygulanması: Yemlenmenin geviş aktivitesinden ayrıştırılması. *Dokuz Eylül Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 9 (3): 255-262.

- Özsayın, D., & Everest, B. (2019). Koyun yetiştiriciliği yapan üreticilerin sosyo-ekonomik yapısı ve koyunculuk faaliyetiyle ilgili uygulamaları. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tarım ve Doğa Dergisi, 22 (Ek Sayı 2): 440-448.
- Rainard, P., & Riollet, C. (2006). Innate immunity of the bovine mammary gland. *Veterinary Research*, 37 (3): 369-400.
- Saçlı, Y. (2007). AB' ye dönüşüm sürecinde hayvancılık sektörünün dönüşüm ihtiyacı. Devlet Planlama Teşkilatı Uzmanlık Tezi, Yayın No: 2707, Ankara.
- Sert, D., Hitit, Z., & Ertunç, S. (2019). Endüstri 4.0 uygulamaları mevcut durumu ve kimya mühendisliğindeki yeri. Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 24-25 Nisan 2019, 06100, Tandoğan/Ankara.
- Silva, K.O., & Naas, I. (2006). Evaluating the use of electronic identification in swine. *Engenharia Agrícola*, 26 (1): 11-19.
- Soysal, M.İ. (2016). Çiftlik hayvanlarında genetik iyileştirme. Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü. Biyometri Genetik Ana Bilim Dalı.
- Şahinli, M.A. (2011). Konya ilinde koyunculuk faaliyetine yer veren tarım işletmelerinin ekonomik analizi ve koyunculuk faaliyetinde etkili olan unsurların saptanması (doktora tezi, basılmamış). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şahinli, M.A. (2014). Koyunculuk sürü yönetimi: Karaman ili örneği. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 29 (2): 113-120.
- Taşkın, T., Akbaş, Y., Koyuncu, M., Kandemir, Ç., Tekin, A.B., & Koşum, N. (2016). Küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde elektronik tanımlama sistemlerinin önemi ve kullanımı olanakları. *Hayvansal Üretim*, 57 (2): 42-56.
- Tengilimoğlu, D., & Yiğit, V. (2016). Tıbbi malzeme yönetiminde verimliliği artırıcı bir teknoloji: Radyo frekanslı tanıma sistemi (RFID). *Verimlilik Dergisi*, (4):51-73.
- Thornton, P.K. (2010). Livestock production: Recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 365 (1554): 2853–2867.

- Tunaz, A.T. (2021). Görüntü işleme ve klasik yöntem ile Şami ve Halep keçilerinde canlı ağırlık tahminlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8 (4): 913–927.
- Türkyılmaz, M.K. (2005). Süt sığırcılık işletmelerinde sağım robotu kullanımı. *Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2 (1): 61-64.
- Uğur, E. (2004). Hayvancılık sektörü destekleme politikaları. *Araştırma ve Meslekleri Geliştirme Müdürlüğü Bülteni*, Ankara.
- Uzmay, C., Kaya, İ., & Tömek, B. (2010). Süt sığırcılığında hassas sürü yönetim uygulamaları, *Hayvansal Üretim*, 51 (2): 50-58.
- Viazzi, S., Bahr, C., Van Hertem, T., Schlageter Tello, A., Romanini, C.E.B., & Halachmi, I. (2014). Comparison of a three-dimensional and two-dimensional camera system for automated measurement of back posture in dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture*, 100 (1): 139-147.
- Wikipedia (2022a). Teknoloji (anlam ayrımı). [https://tr.wikipedia.org/wiki/Teknoloji_\(anlam_ayr%C4%B1m%C4%B1\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Teknoloji_(anlam_ayr%C4%B1m%C4%B1)). Erişim tarihi: 22.11.2022.
- Wikipedia (2022b). Teknoloji. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Teknoloji>. Erişim tarihi: 24.11.2022.
- Wikipedia (2022c). Rasyon. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Rasyon>. Erişim tarihi: 23.10.2022.
- Wikipedia (2022d). Toplum 5.0. https://tr.wikipedia.org/wiki/Toplum_5.0. Erişim tarihi: 23.11.2022.
- Wikipedia (2022e). Sağlık teknolojisi. https://tr.wikipedia.org/wiki/Sağlık_teknolojisi. Erişim tarihi: 28.11.2022.
- Wikipedia (2022f). Sensör. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Sensör>. Erişim tarihi: 21.11.2022.
- Wikipedia (2022g). Suni tohumlama. https://tr.wikipedia.org/wiki/Suni_tohumlama. Erişim tarihi: 15.11.2022.
- Wuliji, T. (2019). Experimental fleece-removal with bioclip wool-harvesting system for Merino-derived wool sheep in the US. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, 6 (2): 133-138.

- Yakan, D. (2022). GPS küresel konumlama sistemi nedir? Mayıs 27, 2020. <https://devreyakan.com/gps-kuresel-konumlama-sistemi-nedir/>, Erişim tarihi: 04.11.2022.
- Yaman, H., Sungur, O., & Dulupçu, M.A. (2021). Dünyada tarım ve hayvancılığın dönüşümü: Teknolojiye dayalı uygulamalar ve devrimler. Süleyman Demirel Üniversitesi, Tarım Ekonomisi Dergisi, 27 (2): 123-133.
- Yardımcı, M., & Şahin, E.H. (2003). Koyunlarda koç etkisinden yararlanarak kızgınlık aktivitesinin düzenlenmesi (Derleme). Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 43 (2): 35-40.
- Yıldız, Y. (2022). Hayvansal üretimde mekanizasyon. [https://tarimmakinalari.cu.edu.tr /storage/Serdar öztekin ders notu/Tarmek 2 hayv. ür. mek.pdf](https://tarimmakinalari.cu.edu.tr/storage/Serdar_oztekin_ders_notu/Tarmek_2_hayv._ür._mek.pdf). Erişim tarihi: 10.10.2022
- Yücel, İ.H. (2006). Türkiye' de bilim teknoloji politikaları ve iktisadi gelişmenin yönü. Yayın No. Dpt: 2690, Sosyal Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Haziran 2006.



ISBN: 978-625-367-233-1