

# Tarla Bitkilerinde Güncel Yaklaşımlar I

EDİTÖRLER  
Prof. Dr. Tahir POLAT  
Doç. Dr. Mustafa OKANT



İKSAD  
Publishing House

# Tarla Bitkilerinde Güncel Yaklaşımlar I

## EDİTÖRLER

Prof. Dr. Tahir POLAT

Doç. Dr. Mustafa OKANT

## YAZARLAR

Prof. Dr. Emine KARADEMİR

Prof. Dr. Mehmet Demir KAYA

Prof. Dr. Tahir POLAT

Doç. Dr. Fatih ÇIĞ

Doç. Dr. Mustafa OKANT

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ

Arş. Gör. Dr. Ali SARIOĞLU

Dr. Gamze KAYA

Öğr. Gör. Rojin ÖZEK

Arş. Gör. Rukiye KILIÇ

Zir. Yük. Müh. Pınar HARMANCI

Zir. Müh. Elif YAMAN

Doktora Öğrencisi Suat CUN

H. Halis ARIOĞLU

Meltem TÜRKERİ

Pınar ÇUBUKÇU

Sezer SİNAN

Taner YILMAZ



Copyright © 2024 by iksad publishing house  
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced,  
distributed or transmitted in any form or by  
any means, including photocopying, recording or other electronic or  
mechanical methods, without the prior written permission of the publisher,  
except in the case of  
brief quotations embodied in critical reviews and certain other  
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic  
Development and Social  
Researches Publications®  
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)  
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 – 2024©

**ISBN: 978-625-367-685-8**  
Cover Design: İbrahim KAYA  
March / 2024  
Ankara / Turkey  
Size = 16x24 cm

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

### BÖLÜM 1

**YERFISTIĞINDA (*arachis hypogaea* L.) KORELASYON ANALİZİ İLE VERİM VE VERİM UNSURLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Meltem TÜRKERİ

Sezer SİNAN.....3

### BÖLÜM 2

**TEK TEK DAĞLARINDA FARKLI SOLUCAN GÜBRE DOZLARININ MERANIN OT VERİMİ, OT KALİTESİ VE BOTANİK KOMPOZİSYONUNUN BELİRLENMESİ**

Taner YILMAZ

Tahir POLAT

Mustafa OKANT.....19

### BÖLÜM 3

**TOPRAK VERİMİNİ VE BİTKİSEL ÜRETİMİ İYİLEŞTİRMEYE YÖNELİK YEŞİL GÜBRELEMENİN PAMUK (*Gossypium hirsutum* L.) BİTKİSİ AÇISINDAN ÖNEMİ**

Doktora Öğrencisi Suat CUN

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ.....39

### BÖLÜM 4

**TARIMSAL UYGULAMALARDA TOPRAK BİYOLOJİSİNİN ROLÜ: ABİYOTİK VE BİYOTİK STRESE KARŞI BİTKİ DİRENCİNE BİYOLOJİK YAKLAŞIMLAR**

Arş. Gör. Dr. Ali SARIOĞLU.....71

### BÖLÜM 5

**TÜRKİYE’NİN YAĞLI TOHUM VE BİTKİSEL YAĞ ÜRETİMİ VE TİCARETİNDEKİ GELİŞMELER**

Prof. Dr. Mehmet Demir KAYA

Zir. Yük. Müh. Pınar HARMANCI

Zir. Müh. Elif YAMAN.....107

## **BÖLÜM 6**

### **ÇUKUROVA KOŞULLARINDA FARKLI EKİM ZAMANLARI VE BİTKİ SIKLIĞIN SOYADA VERİM VE VERİME ETKİLİ ÖNEMLİ ÖZELLİKLERİN KORELASYONU**

Pınar ÇUBUKÇU

H. Halis ARIOĞLU.....133

## **BÖLÜM 7**

### **PERMAKÜLTÜR NEDİR?**

Öğr. Gör. Rojin ÖZEK

Doç. Dr. Fatih ÇIĞ.....149

## **BÖLÜM 8**

### **PRİMİNG UYGULAMALARINDA YENİ TEKNİKLER VE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR**

Dr. Gamze KAYA.....161

## **BÖLÜM 9**

### **ABİYOTİK STRES KOŞULLARINDA SALİSİLİK ASİDİN TARLA BİTKİLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Arş. Gör. Rukiye KILIÇ

Prof. Dr. Emine KARADEMİR.....191

## ÖNSÖZ

Tarla bitkileri, insanlık için temel gıda kaynağı olan bitkiler arasında yer alır ve tarım sektörünün önemli bir bileşenidir. Bu kitapta, tarla bitkileri alanında yapılan güncel çalışmaların bir derlemesini sunuyoruz. Günümüzde tarla bitkileri üzerine yapılan araştırmalar, iklim değişikliği, verimlilik artışı, hastalık ve zararlı organizma kontrolü gibi birçok önemli konuyu ele almaktadır. Bu çalışmaların sonuçları, tarımın sürdürülebilirliği ve gıda güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu kitap, alanında uzman birçok araştırmacının katkılarıyla oluşturulmuş ve tarla bitkileri üzerine yapılan son bilimsel gelişmeleri okuyuculara sunmayı amaçlamaktadır. Umarız bu derleme, tarım sektörüne katkı sağlar ve tarla bitkileri üzerine yapılan çalışmalara ilgi duyan herkes için değerli bir kaynak olur.

Prof. Dr. Tahir POLAT<sup>1</sup>

Doç. Dr. Mustafa OKANT<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Orcid ID: 0000-0001-5754-9684, tahirpolat@harran.edu.tr

<sup>2</sup> Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Orcid Id: 0000-0002-8159-2444, mokant63@yahoo.com



## BÖLÜM 1

### YERFISTIĞINDA (*arachis hypogaea* L.) KORELASYON ANALİZİ İLE VERİM VE VERİM UNSURLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Meltem TÜRKERİ<sup>1</sup>, Sezer SİNAN<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10890163>

---

<sup>1</sup> Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana Orcid:  
<https://orcid.org/0000-0001-5225-967x>

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Adana  
Corresponding author: [irmakturk@hotmail.com](mailto:irmakturk@hotmail.com)





## 1. Giriş

Kültürü yapılan yer fıstığı (*Arachis hypogaea* L.) tüm dünyada büyük ölçekte yetiştirilen önemli bir tarımsal üründür (Xiao ve ark., 2021). Yer fıstığı yüksek getiriye sahip bir yağ ve gıda ürünüdür (Hu ve ark., 2018). Tohumları yaklaşık %50 yağ içeriğine sahiptir ve yağı için ezilerek veya yenilebilir ürünler olarak kullanılır (Wang ve ark., 2015). Yer fıstığı dünyanın 100'den fazla ülkesinde yetiştirilmektedir. Dünyada 2021 yılında yaklaşık 54 milyon tonluk küresel üretimle 32,7 milyon hektar alanda yetiştirilmiştir ve ortalama küresel verim 165 kg/da olmuştur. 2021 yılında Hindistan en büyük hasat alanına (6 milyon ha), Çin en büyük üretim miktarına (18,4 milyon ton), ABD ise en yüksek verime (463 kg/da) sahip ülkelerdir. 2021 yılında Türkiye'nin yer fıstığı hasat alanı 58 bin ha, kabuklu yer fıstığı üretim miktarı 0,2 milyon ton, verimi 404 kg/da olmuştur (FAOSTAT, 2023).

Yer fıstığı dünyanın en önemli ekonomik yağlı tohumlarından ve ihraç edilebilir tarımsal ürünlerinden biridir. Öncelikle Asya, Afrika ve Kuzey ve Güney Amerika'nın tropikal ve subtropikal iklimlerinde yetişir. Yağı öne çıkan bir bitkisel yağdır, tohumları aynı zamanda hem insanlar hem de hayvanlar için iyi bir karbonhidrat ve protein kaynağıdır. Fıstık ezmesi gıda preparatlarında ve şekerlemelerde bir bileşen olarak kullanılır. Sığır yemi ise fıstık keki ve küspesi gibi yan ürünlerden yapılır (Singh ve ark., 2014). Yağlı tohumlu bitkiler, tohumlarında triasilgliserol olarak depolanan, bileşimleri geniş bir çeşitlilik gösteren yüksek miktarlarda yağ asitleri üretir. Triasilgliserollerin çeşitliliği ve içeriği lipitlerin besin içeriğini ve fonksiyonunu etkiler (Dong ve ark., 2015).

Yer fıstığı yağındaki yağ asitlerinin ana bileşenleri doymamış yağ asitleridir: oleik asit (C18:1) ve linoleik asit (C18:2) (Liu ve ark., 2018).

Tropikal baklagil yer fıstığı çeşitli çevresel koşullar altında yetiştirilmektedir ve ticari üretiminin büyük bir kısmı kuzey yarım kürede gerçekleşmektedir (Wrigley ve ark., 2004). İklimsel değişkenlik, aşırı hava olayları da dahil olmak üzere, mevsimler içerisinde yıldan yıla önemli ölçüde farklılık gösteren meteorolojik koşulların oluşmasında önemli bir rol oynar (Rao ve ark., 2015). Yer fıstığının verimi çeşitli biyotik ve abiyotik stres faktöründen önemli düzeyde etkilenebilmektedir (Singh ve ark., 2013). Yüksek sıcaklıklar ve diğer iklim faktörleri yer fıstığı verimini ve bir dereceye kadar dağılımını etkileyebilir (Kumar ve ark., 2012). Yer fıstığında optimum büyüme için ortalama günlük sıcaklık 22 ila 28 °C'dir; 33 °C'nin üzerinde ve 18 °C'nin altında verimde azalma meydana gelir. Kuraklık, tuz ve soğuk gibi abiyotik stres faktörlerinin yer fıstığı bitkisinin büyümesi ve verimi üzerinde önemli etkisi vardır. Bitkiler çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik değişikliklere uğrayarak bu ortamlara uyum sağlar (Chen ve ark., 2014).

Su stresi, yer fıstığının sıklıkla üretildiği dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde mahsul verimliliğini ve kalitesini önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Bertioli ve ark., 2016). Yer fıstığı kalitesinde ve veriminde bir düşüş, kuraklıktan kaynaklanabilir; bu durum, bitkilerin çiçeklenme sırasında ve bakla aşamasında tohumlarının kalitesi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Sonuç olarak kuraklık bitki gelişimini ve verimliliğini sınırlayan önemli bir faktördür (Jiang ve ark., 2022). Dang ve ark. (2013)'e göre kuraklığın zamanlaması, şiddeti ve süresinin yer fıstığının verimi ve kalitesi üzerinde etkisi vardır. Genel olarak yer

fıstığının ürün formu kuraklığa biraz dayanıklıdır, ancak bazı belirli dönemlerde su kıtlığı verimi ciddi şekilde etkiler. Kuraklık, bakla oluşumu aşamasında yer fıstığı üretimini önemli ölçüde etkileyebilir çünkü baklaların sayısını ve doluluğunu önemli ölçüde azaltabilir (Koolachart ve ark., 2013). Yer fıstığının kuraklık stresine karşı hassasiyeti genotipik değişkenliğe bağlıdır (Dinh ve ark., 2013). Transpirasyon ve fotosentez hızı da dahil olmak üzere kuraklığa toleransla ilişkili çeşitli fizyolojik özelliklerdeki genotipik varyasyonlar tanımlanmış ve yüksek verimli, kuraklığa dayanıklı genotiplerin yetiştirilmesi için fırsatlar sağlanmıştır (Balota ve ark., 2012). Kuraklık stresi bakla verimini ve azot fiksasyonunu önemli ölçüde azaltır ve tohumlarında aflatoksin kirliliğini artırır (Arunyanark ve ark., 2012).

Yer fıstığı üretimi bir dizi biyotik (yaprak ve mantar hastalıkları, nematodlar ve böcek zararlıları gibi) stres faktörleri nedeniyle kısıtlanabilmektedir (Alagirisamy, 2016). Genel bitki hastalığı baskılarını en aza indirmek için ürün rotasyonu, hava tahmin modelleri ile birlikte fungusit uygulamaları, toprak işleme uygulamaları yoluyla kalıntı yönetimi ve uygun sulama gibi kültürel uygulamalar kullanılmaktadır (Dang ve ark., 2021).

Yer fıstığında birçok araştırmacı, genetik analize dayalı olarak bakla verimi, bitki başına bakla ve tohum sayısı, yüz tohum ağırlığı, bakla uzunluğu ve kabuklanma verimi gibi özellikler için eklemeli, eklemesiz etkiler rapor etmiştir (Upadhyaya ve Nigam, 1998).

Bu araştırmanın amacı, Çukurova Bölgesinde 2. ürün şartlarında NC-7 yer fıstığı çeşidini incelemek ve verim ve verim unsurlarının birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu belirlemektir. İleride yer fıstığı ıslah çalışmalarına

yardımcı olmak için Path katsayısı analizi ve korelasyon analizi kullanılmıştır.

## **2. Materyal ve Metot**

### **2.1. Materyal**

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi'nin Ziraat Fakültesi Pamuk Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde 2005 yılında ikinci ürün şartlarında gerçekleştirilmiş ve materyal olarak Çukurova Bölgesi'nde en yaygın olarak yetiştirilen NC-7 yer fıstığı çeşidini kullanmıştır.

### **2.2. Metot**

Tarla denemesi 12 Haziran 2005'te buğday hasadından sonra ikinci ürün olarak kurulmuş ve yürütülmüştür. Parsellerin her birinin boyutları 12 metre x 2,8 metre olup, her parsel toplam 33,6 m<sup>2</sup> alana sahiptir. Her parsel dört ekim sırasından oluşmuş, sabit sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 12 cm olmuştur. Hasat tarihi kabuk soyma yöntemine göre belirlenmiş; her parselde ortadaki iki sıra 10 Ekim 2005'te hasat edilmiş, baklalar tarlada kurutulmuş ve tartılmıştır. Her parseldeki kenar iki sıra ve parsel başlarından birer metre atılmıştır.

### **2.3. İncelenen Özellikler ve Metotları**

**1. 100 tohum ağırlığı (g):** Parsellerin her birinden hasat edilmiş tohumlardan 4 kez 100 tohum sayılmış, hassas terazide tartılmış ve ortalaması alınmıştır.

**2. 100 meyve ağırlığı (g):** Parsellerin her birinden hasat edilmiş tohumlardan 4 kez 100 meyve sayılmış, hassas terazide tartılmış ve ortalaması alınmıştır.

**3. Bitki başına meyve verimi (g/bitki):** Parsellerin orta iki sıradaki bitkilerinin hasat edilen meyveleri tartılmış, hasat edilmiş bitki sayısına bölünmüş ve hesaplanmıştır.

**4. Bitki başına meyve sayısı (adet/bitki):** Parsellerin orta iki sıradaki bitkilerinin hasat edilen meyveleri sayılmış, bitki sayısına bölünmüş ve ortalaması alınmıştır.

**5. Tohumda iç oranı (%):** Parsellerin her birinden hasat edilmiş 100 meyve sayılmış, tartılmış, kabukları elle soyulmuş, tohumları tartılmış ve bu iki değerden yararlanarak % oranları hesaplanmıştır.

**6. Birinci kalite meyve ağırlığı oranı (%):** Parsellerin her birinden hasat edilmiş toplam meyveler içerisindeki iri, tam olgun, tohumluk niteliğinde olan, iki tohum içeren meyveler ayrı olarak tartılmıştır.

**7. İkinci kalite meyve ağırlığı oranı (%):** Olgun tek tohum içeren ve az olgunlaşmış meyveler ayrılarak tartılmıştır.

**8. Meyve verimi (kg/da):** Parsellerin orta iki sıradaki bitkilerinin tamamı hasat edilmiş, dekara meyve verimi hesaplanmıştır.

**9. Yağ içeriği (%):** Öğütüldükten sonra tohum örnekleri soxlet cihazında, eterde çözüldürülmüş, sonucunda yağ oranı hesaplanmıştır.

Çalışmada, özellikler için tespit edilen değerlerin korelasyon katsayıları MSTAT-C programı ile belirlenmiştir.

### **3. Bulgular ve Tartışma**

Araştırmada tespit edilmiş olan özelliklerin arasındaki korelasyon katsayıları yüzdeleri aşağıda Çizelge 1' de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Araştırmada Tespit Edilmiş Olan Özelliklerin Arasındaki Korelasyon Katsayıları Yüzdeleri

İncelenecek Özellikler	Yüz Tohum Ağırlığı	Yüz Meyve Ağırlığı	Meyve Verimi/Bitki	Meyve Sayısı/Bitki	Kabuk/İç Oranı	Birinci Kalite Meyve Ağırlığı Oranı	İkinci Kalite Meyve Ağırlığı Oranı	Yağ İçeriği
Meyve Verimi	0,871	0,789	0,696	-0,630	0,858	-0,755	0,700	0,842
100 Tohum Ağırlığı		0,989*	0,959	-0,167	0,494	-0,980*	0,961	0,998**
100 Meyve Ağırlığı			0,990*	-0,021	0,361	-0,999**	0,991*	0,996**
Bitki Başına Meyve Verimi				0,119	0,228	-0,996**	1,000**	0,973
Bitki Başına Meyve Sayısı					0,940	-0,033	0,113	-0,112
Kabuk/İç Oranı						-0,311	0,234	0,446
1.Kalite Meyve Ağırlığı Oranı							-0,997**	-0,989*
2.Kalite Meyve Ağırlığı Oranı								0,975*

0,05 (\*) 0,01 (\*\*)

Yer fıstığında birçok araştırmacı, genetik analize dayalı olarak bakla verimi, bitki başına bakla ve tohum sayısı, yüz tohum ağırlığı, bakla uzunluğu ve kabuklanma verimi gibi özellikler için eklemeli, eklemesiz etkiler rapor etmiştir (Upadhyaya ve Nigam, 1998).

Çizelge 1’de verildiği gibi “meyve verimi/da” özelliği ile diğer parametreler arasında önemli ilişki tespit edilememiştir. Bununla birlikte yüz meyve ağırlığı ile yüz tohum ağırlığı arasında 0,05 seviyesinde olumlu, birinci kalite meyve ağırlığı oranı ile yüz tohum ağırlığı arasında 0,05 seviyesinde olumsuz, yağ oranı ile yüz tohum ağırlığı arasında ise 0,01 seviyesinde olumlu ilişki bulunmuştur. Ayrıca bitki başına meyve verimi ile yüz meyve ağırlığı arasında 0,05 seviyesinde olumlu, birinci kalite meyve ağırlığı oranı ile yüz meyve ağırlığı arasında 0,01 düzeyinde olumsuz, ikinci kalite meyve ağırlığı ile yüz meyve ağırlığı

oranı arasında 0,05 seviyesinde olumlu, yağ oranı ile yüz meyve ağırlığı arasında 0,01 seviyesinde olumlu ilişki tespit edilmiştir. Çalışkan ve arkadaşlarının yerfıstığında yaptıkları çalışmada; bitkilerin morfolojik özelliklerinin yanında iç oranı ve 100-tohum ağırlığı gibi meyve ve tohum özellikleri açısından da genotipler arasında önemli farklılıklar olduğunu saptamışlardır (Çalışkan ve ark., 2000). İki yıl süresince Hatay'da ikinci ürün şartlarında denediği yer fıstığı çeşitlerinin incelendikleri özelliklerinin önemli derecede farklılıklar gösterdiğini tespit etmişlerdir. Korelasyon ve path analizlerinde karakterlerden bitki başına meyve verimi ve iç oranının dekara meyve verimi ile önemli düzeyde ilişkili olduğunu, özellikle bitki başına meyve verimi ve iç oranının, meyve verimi üzerine doğrudan olumlu etkilerinin yüksek düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir (Çalışkan ve ark. 1995). Çalışma daha önce yürütülen çalışmalarla benzer sonuçlar göstermektedir.

Çalışmada birinci kalite meyve ağırlığı ile bitki başına meyve verimi oranı arasında 0,01 düzeyinde bir ilişki bulunmuşken, ikinci kalite meyve ağırlığı ile bitki başına meyve verimi oranı arasında 0,01 düzeyinde olumlu yüksek ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca, birinci kalite meyve ağırlığı oranı ile ikinci kalite meyve ağırlığı oranı arasında 0,01 düzeyinde olumsuz ilişki mevcutken, yağ oranı ile birinci kalite meyve ağırlığı oranı arasında 0,05 olumsuz ilişki mevcuttur. Yağ oranı ile ikinci kalite meyve ağırlığı oranı arasında ise 0,05 düzeyinde olumlu ilişki bulunmuştur. Karabulut ve arkadaşlarının 2016 yılında yürüttükleri bu çalışmada ise benzer sonuçlar elde edilirken; alınan karakterler arasındaki ikili ilişkiler ayrı ayrı incelenmiş, elde edilen katsayılar ile meyve verimi ve yüz meyve ağırlığı ve bitki başına meyve verimi



arasında % 1 seviyesinde, yüz tane ağırlığı ile arasında ise % 5 seviyesinde önemli ve olumlu ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Yüz meyve ağırlığı ile yüz tohum ağırlığı ve bitki başına meyve verimi arasında % 1, bitki başına meyve sayısı arasında % 5 düzeyinde önemli ve olumlu bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Yüz tane ağırlığı ile bitki başına meyve verimi (% 1) ve bitki başına meyve sayısı (% 5) arasında önemli ve olumlu ilişki kaydedilirken, kabuk/iç oranı arasında % 5 seviyesinde önemli ve olumsuz bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, bitki başına meyve verimi ile bitki başına meyve sayısı arasında % 1 düzeyinde önemli ve olumlu ilişkinin olduğu, I. kalite meyve sayısı ile II. kalite meyve sayısı arasında ise % 1 seviyesinde önemli ve olumsuz bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

#### 4. Sonuç

Yerfıstığı bitkisinde daha önce birçok çalışma yürütülmüş olsa da; incelenen özellikler arasındaki doğrudan etkiyi (korelasyon) veren araştırmalar oldukça azdır. Bu amaçlar doğrultusunda yapılan bu çalışma ile incelenen özellikler arasındaki korelasyon katsayısı analiz sonuçları ile bu sonuçların birbirleriyle olan doğrudan ilişkileri saptanmaya çalışılmıştır. Çukurova’da NC-7 çeşidi yer fıstığıyla yapılan bu çalışmada, korelasyon analizinde meyve verimini, 100 meyve ağırlığı (0,789), 100 tohum ağırlığı (0,871), bitki başına meyve verimi (0,696), ikinci kalite meyve ağırlığı oranı (0,700), iç oranı (0,858) ve yağ oranının (0,842) olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir.

**Not:** Bu makale özeti poster bildiri olarak “25<sup>th</sup> International Scientific Expert Congress on Agriculture and Food Industry” kongresinde sunulmuştur. (İzmir, 2014)

**Not:** Bu bilimsel eser Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalında yürütölen ZF2005YL13 nolu Yüksek Lisans/~~Doktora~~ Tezi esas alınarak hazırlanmıştır.

## KAYNAKÇA

- Alagirisamy, M. Groundnut. In Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production Academic Press. (2016); (pp. 89-134).
- Arunyanark, A., Pimratch, S., Jogloy, S., Wongkaew, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., ... & Holbrook, C. C. Association Between Aflatoxin Contamination and N<sub>2</sub> Fixation in Peanut under Drought Conditions. (2012).
- Balota, M., Isleib, T. G., & Tallury, S. Variability for Drought Related Traits of Virginia-Type Peanut Cultivars and Advanced Breeding Lines. Crop science, (2012); 52(6), 2702-2713.
- Bertioli, D. J., Cannon, S. B., Froenicke, L., Huang, G., Farmer, A. D., Cannon, E. K., & Ozias-Akins, P. The Genome Sequences of *Arachis duranensis* and *Arachis ipaensis*, The Diploid Ancestors of Cultivated Peanut. Nature genetics, (2016); 48(4), 438-446.
- Berivan KARABULUT, Rüveyde TUNÇTÜRK, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Diyarbakır-Bismil Ekolojik Koşullarında Ana Ürün Olarak Yetiştirilen Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) Çeşitlerinin Tarımsal ve Kalite Özelliklerinin Araştırılması. (2019); Cilt 24, Sayı 2, 97-104.
- Chen, N., Yang, Q., Hu, D., Pan, L., Chi, X., Chen, M. & Yu, S. Gene Expression Profiling and Identification of Resistance Genes to Low Temperature in Leaves of Peanut (*Arachis hypogaea* L.). Scientia Horticulturae, (2014); 169, 214-225.
- Çalışkan, M.E., Mert, M. İşler, N., Çalışkan, S. Hatay II. Ürün Koşullarında Yerfıstığında Verim ve Verim Ögeleri Üzerine Bir Araştırma. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Tubitak, - 24(2000)87-94 Turk Agric for. 1995; 31034.
- Çalışkan, M.E., Mert, M. İşler, N., Çalışkan, S. "Hatay Yöresinde II. Ürün Olarak Yetiştirilen Virginia Tipi Bazı Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.

- subs. hypogaea var. hypogaea) Genotiplerinin Önemli Tarımsal ve Kalite Özellikleri ile Bu Özelliklerin Verim Olusumuna Etkileri," Turkish Journal of Agriculture and Forestry: (2000); Vol. 24: No. 1, Article 12.
- Dang, P. M., Chen, C. Y., & Holbrook, C. C. Evaluation of Five Peanut (*Arachis Hypogaea*) Genotypes to Identify Drought Responsive Mechanisms Utilising Candidate-Gene Approach. *Functional Plant Biology*, (2013); 40(12), 1323-1333.
- Dang, P. M., Lamb, M. C., & Chen, C. Y. Association of Differentially Expressed R-Gene Candidates with Leaf Spot Resistance in Peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Molecular Biology Reports*, (2021); 48, 323-334.
- Dinh, H. T., Kaewpradit, W., Jogloy, S., Vorasoot, N., & Patanothai, A. Biological Nitrogen Fixation of Peanut Genotypes with Different Levels of Drought Tolerance under Mid-Season Drought. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, (2013); 45(3), 491-503.
- Dong, X. Y., Zhong, J., Wei, F., Lv, X., Wu, L., Lei, Y. & Chen, H. Triacylglycerol Composition Profiling and Comparison of High-Oleic and Normal Peanut Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, (2015); 92(2), 233-242.
- FAOSTAT. (2023). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Hu, X. H., Zhang, S. Z., Miao, H. R., Cui, F. G., Shen, Y., Yang, W. Q., & Chen, J. High-Density Genetic Map Construction and Identification Of Qtls Controlling Oleic and Linoleic Acid in Peanut Using SLAF-seq and SSRs. *Scientific reports*, (2018); 8(1), 1-10.
- Jiang, M., Xue, X., Zhang, L., Chen, Y., Zhao, C., Song, H., & Wang, N. Peanut Drought Risk Zoning in Shandong Province, China. *Sustainability*, (2022); 14(6), 3322.
- Koolachart, R., Jogloy, S., Vorasoot, N., Wongkaew, S., Holbrook, C. C., Jongrunklang, N. & Patanothai, A. Rooting Traits Of Peanut Genotypes

- with Different Yield Responses to Terminal Drought. *Field Crops Research*, (2013); 149, 366-378.
- Kumar, U., Singh, P., & Boote, K. J. Effect of Climate Change Factors on Processes of Crop Growth And Development and Yield Of Groundnut (*Arachis hypogaea L.*). *Advances in Agronomy*, (2012); 116, 41-69.
- Liu, H., Li, H., Gu, J., Deng, L., Ren, L., Hong, Y. & Liang, X. Identification Of The Candidate Proteins Related to Oleic Acid Accumulation During Peanut (*Arachis Hypogaea L.*) Seed Development Through Comparative Proteome Analysis. *International Journal Of Molecular Sciences*, (2018); 19(4), 1235.
- Rao, B. B., Manikandan, N., & Rao, V. U. M. Assessing the Climate Variability Impacts Using Real Time Groundnut (*Arachis Hypogaea L.*) Yield Data From an Arid Region Of Peninsular India. *Legume Research- An International Journal*, (2015); 38(3), 334-340.
- Singh, N., Mishra, A., & Jha, B. Ectopic Over-Expression of Peroxisomal Ascorbate Peroxidase (*Sbpapx*) Gene Confers Salt Stress Tolerance in Transgenic Peanut (*Arachis hypogaea*). *Gene*, (2014); 547(1), 119-125.
- Singh, N. K., Kumar, K. R. R., Kumar, D., Shukla, P., & Kirti, P. B. Characterization of a Pathogen Induced thaumatin-like Protein Gene AdTLP from *Arachis Diogoi* a Wild Peanut. *PloS one*, (2013); 8(12), e83963.
- Upadhyaya, H. D., & Nigam, S. Epistasis for Vegetative and Reproductive Traits in Peanut. *Crop Science*, (1998); 38(1), 44-49.
- Wang, M. L., Khera, P., Pandey, M. K., Wang, H., Qiao, L., Feng, S. & Guo, B. Genetic Mapping of Qtls Controlling Fatty Acids Provided Insights Into The Genetic Control of Fatty Acid Synthesis Pathway In Peanut (*Arachis hypogaea L.*). *PloS One*, (2015); 10(4), e0119454.
- Wrigley, C. W., Corke, H., & Walker, C. E. *Encyclopedia of Grain Science*. Academic Press. (2004).

Xiao, D., Li, X., Zhou, Y. Y., Wei, L., Keovongkod, C., He, H., & He, L. F. Transcriptome Analysis Reveals Significant Difference In Gene Expression and Pathways Between Two Peanut Cultivars Under all Stress. *Gene*, (2021); 781, 145535.



## BÖLÜM 2

### TEK TEK DAĞLARINDA FARKLI SOLUCAN GÜBRE DOZLARININ MERANIN OT VERİMİ, OT KALİTESİ VE BOTANİK KOMPOZİSYONUNUN BELİRLENMESİ

Taner YILMAZ<sup>1</sup>

Tahir POLAT<sup>2</sup>

Mustafa OKANT<sup>3</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10890169>

---

<sup>1</sup> Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa ORCID NO: 0009-0006-0282-6342

<sup>2</sup> Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa ORCID NO:0000-0001-5754-9684

<sup>3</sup> Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, ORCID NO:0000-0002-8159-2444

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): [mokant63@gmail.com](mailto:mokant63@gmail.com)





## 1. GİRİŞ

Meralar genel olarak taban suyu derin, tümsekli, seyrek ve kısa boylu bitkilerden oluşan ve genellikle hayvan otlatarak yararlanılan, aynı zamanda hayvanların yaşamları için ihtiyaç duyduğu kaba yemin çok ucuz bir şekilde karşılandığı alanlardır. Bunun gibi daha nice özelliklere sahip olan meralar, birçok yabancı bitki ve hayvana ev sahipliği yapması, yabancı hayvanlar için birer barınak yeri olması, ıslah çalışmalarında genetik materyal olarak kullanılması ve toprağın bitki örtüsünü kaplayarak erozyonla yok olup gitmesini önlemek açısından da oldukça büyük öneme haizdir (Açıkgöz 2001).

Türkiye’de bulunan 13.162.577 ha’lık toplam mera alanlarının 959.834 ha’ı Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde bulunmaktadır (Kuşvuran ve ark. 2011). Şanlıurfa ili ise genelde 724.529 ha’lık bir mera alanına sahip olmasına rağmen, doğal mera olarak ancak 234.537 ha’lık kısmından faydalanabilmektedir (Cevheri ve Polat, 2009). Gübrelerin etkinliği yağış gübrenin uygulama zamanına ve miktarına göre değişmektedir (Çomaklı ve ark., 2005).

Sürdürülebilir ve organik tarım modellerine yönelik taleplerin artmasıyla birlikte, kimyasal gübre ve pestisitlerin yerini alacak organik tabanlı alternatif ürünler geliştirme ihtiyacı giderek daha önemli hale gelmiştir. Bu durumda, ilk arayışlar genellikle toprak organik madde içeriğini artırmaya yoğunlaşmış, asırlardır kullanılan aerobik (termofilik) kompost ürünlerine yönelinmiştir. Kompost konusundaki çalışmalarda öne çıkan bir alternatif ise vermikomposttur. Solucanlı (mezofilik) kompost yöntemi ile üretilen vermikompostun, özellikle kentsel ve endüstriyel organik atıkların geri kazanımında, hem işlem hem de ürün

açısından aerobik komposttan daha üstün özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir (Dominguez ve ark. 1997). Bu ürün, sindirilmiş komposttan oluşan mükemmel bir toprak katkı maddesi olarak kabul edilmektedir.

Solucan gübresinin içeriğinde, simbiyotik bakteri olan Rhizobium ve asimbiyotik mikroorganizmalar ile mikoriza mantarının bulunduğunu, bitki gelişimini destekleyen önemli bir biyolojik çeşitliliği içerdiğini göstermektedir. Ayrıca, katı ve sıvı formda kullanımının yaygınlaştığı belirtilerek, solucan gübresinin çeşitli tarım uygulamalarında kullanımının genişlediği bildirilmektedir (Demir ve ark., 2010; Boran, 2015; Yılmaz ve Kurt, 2018). Bu çalışma, Şanlıurfa ili TekTek meralarında solucan gübresinin mera verimliliği üzerindeki etkilerini anlamak, sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesine yönelik önemli bir adım olacaktır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Şanlıurfa ilinin TekTek Dağlarında yürütülmüş olan bu çalışmada, Kastamonu Tosgüb firmasından temin edilen solucan gübresi materyal olarak kullanılmıştır. Araştırma; 20 Kasım 2020 yılında Şanlıurfa'ya 45 km mesafesindeki ve Şanlıurfa-Mardin karayolu üzerindeki TekTek Dağları doğal merasında yürütülmüştür. Çalışma alanımız, Harran Ovası'nın TekTek Havzası içerisinde yer almakta olup 37° 09' 49" kuzey enlemi, 38° 48' 46" doğu boylamında, Doğuda Ceylanpınar Havzasından Tektek Dağları ile batıda ise Suruç Havzası'ndan Urfa Dağları ile ayrılır. Kuzeyi oldukça engebeli ve tepelik, doğu batı yönünde tam bir sınırlama vardır. Doğuda Tektek Dağları 600-700 m, batıda Urfa Dağları 800 m'ye kadar çıkar. Kuzeyde ise 850 m'ye varan tepeler ovayı çevreler. Bölgede

karasal iklim hâkimdir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise yağışlı ve soğuk geçer (Çelik ve ark. 2017).

Araştırmada; ticari olarak satışa sunulan Kastamonu Tosgüb firmasından temin edilen solucan gübresinin içeriği Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Kosgüb ticari solucan gübresinin içeriği\*

İçerik	Miktar
pH	5.5-8
Nem (%)	35
Organik Madde (%)	20
Toplam Azot (N) (%)	2.0
Organik Azot (N) (%)	1.2
C/N (%)	8.04
Ec (ds/m)	7

\* Tosgüb, (2019).

## 2.1. Araştırma alanına ait toprak ve iklim özellikleri

Deneme alanına ait toprak numunesi Hayat Toprak Su ve Bitki Analizi Laboratuvarında tahlil edilmiş olup sonuçları Çizelge 2.’de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Araştırma yerinin toprak özellikleri

Özellikleri	Batı	Doğu	Güney	Kuzey
İşba	72	73	72	74
pH	7.29	7.23	6.96	7.33
Ec (ds m <sup>-1</sup> )	0.73	0.63	1.22	0.77
Kireç/Lime (%)	26.60	43.20	40.2	16.30
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg da <sup>-1</sup> )	4.61	3.29	4.20	3.54
K <sub>2</sub> O (kg da <sup>-1</sup> )	298	96.90	366	234
Organik madd. (%)	2.12	1.20	1.10	2.29
Cu (ppm)	1.17	1.02	1.27	1.21
Fe (ppm)	5.03	6.47	5.44	5.28
Mn (ppm)	11.01	10.35	23.43	8.98
Zn (ppm)	0.51	0.67	0.76	0.47

Deneme alanı toprağında; 8.98-23.43 ppm mangan, 5.03-4.47 ppm demir ve 1.022-1.27 ppm oranında ise bakır içerdiği bulunmuştur. Aynı zamanda; 3.29-4.61 kg/da fosfor, 96.90-366 kg/da potasyum ve % 1.10-2.29 oranında organik madde içermektedir. Ayrıca toprağın pH değeri

6.96-7.33, işbası %72-74 ve kireç oranı ise % 16.3-43.20 olarak tespit edilmiştir.

**Çizelge 3.** Deneme yılı ve uzun yıllara ait bazı ortalama iklim verileri\*\*

	2020			2021				
Parametreler	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Ort. sıcaklık (°C)	14.8 13.1*	9.0 7.5*	6.6 5.6*	7.0 7.1*	13.3 10.9*	17.1 16.2*	23.2 22.3*	28.9 28.1*
Ort. nisbi nem (%)	42.3 59.9*	79.4 69.9*	69.1 70.3*	63.4 66.9*	63.6 60.4*	54.2 56.2*	41.0 44.9*	29.9 32.3*
Top. yağış miktarı (kg/m <sup>2</sup> )	6.7 44.7*	277.7 80.2*	76.9 87.4*	24.1 68.3*	90.8 60.4*	68.3 49.6*	39.1 25.7*	0.4 3.1*

\* Mgm, (1929-2021) \*\* Mgm, (2020-2021)

Denemenin yürütüldüğü döneme ait iklim verilerine ait ortalama sıcaklık değerlerinin (6.6-28.9 °C), uzun yıl sıcaklık ortalama değerlerinin ise 5.6-28.1 °C üzerinde seyrettiği, 2021 yılına ait ortalama sıcaklık değerleri uzun yıl değerlerinden daha yüksek olduğu söylenebilir. Denemenin kurulduğu yıl ortalama nispi değer değerleri %29.9-79.4, uzun yıl değerleri ise %32.3-70.3 olup kısmen farklılığın olmadığı, yağış miktarına bakıldığında deneme yılı 04-277.7 kg/m<sup>2</sup>, uzun yıllarda ise 3.1-87.4 kg/m<sup>2</sup> tespit edildiği görülmektedir. Aralık ayında ekstrem durum yaşandığı, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında uzun yıllara göre fazla yağış düştüğü görülmektedir (Çizelge 3.).

Deneme 20 Kasım 2020 yılında Şanlıurfa ili TekTek Dağları doğal merasında tesadüf blokları deney desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuş, her bir blok 8 parsel olup toplam deneme alanı 24 parselden meydana gelmiştir. Parseller 2mx3m= 6m<sup>2</sup> olmak üzere birimlere ayrılmıştır. Toplam deneme alanı 16mx19.5m= 312m<sup>2</sup> dir. Parseller arasında 50 cm, bloklar arasında ise 2 m olacak şekilde boşluk

birakılarak deneme alanı oluşturulmuş, bitkisel özelliklere ait ölçüm ve incelemeler bu alanda yapılmıştır. Çalışmada, 7 solucan gübresi dozu (0, 75, 150, 225, 300, 375 ve 450 kg/da) ve 6P (20 kg/da) 6N (20 kg/da) el ile verilmiştir. Denemede çalışma süresince hiçbir kültürel uygulama yapılmamıştır. Mayıs ayının 2'inci günü her parsel için rastgele 2 adet (33 cm x 33 cm  $\cong$  1 m<sup>2</sup>) boyutlarındaki kuadratlar içindeki ot makasla biçilmiştir. Her kuadrattan biçilen otu oluşturan bitki türleri buğdaygiller, baklagiller ve diğer familya bitkileri olarak gruplara ayrılarak kese kâğıtlarına konulmuş ve ağırlıkları sabitleşinceye kadar gölgede kurutulmuştur. Her parsel için kuru ot verimi (kg/da), baklagil oranı (%), buğdaygil oranı (%) ve diğergil oranı (%) belirlenmiştir. Her parsel için 2 adet kuadrattan elde edilen kuru ot verimlerinin ortalaması gerekli dönüşümler yapılarak dekara kuru ot verimi olarak kaydedilmiştir. Kuru otta ham protein oranı (%), yemlerin hücre duvarı bileşenlerini oluşturan % NDF ve ADF içerikleri Van Soest ve ark. (1991) göre ANKOM lif analiz cihazı (Fiberanalizer) ile saptanmıştır.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler, JMP 10 istatistikî paket programında varyans analizleri yapılmış, istatistiki olarak önemli bulunan ortalamalar, Lsd (%5) çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır (Yurtsever, 2011).

### **3. Bulgular ve Tartışma**

#### **Kuru ot verimi (kg/da)**

İncelenen farklı solucan gübre dozu uygulamalarında saptanan kuru ot verimi ortalamaları Çizelge 4.'de verilmiştir. Farklı solucan gübre uygulamalarında kuru ot verimi 59.66-246.50 kg/da arasında değişirken

en yüksek ortalama değer 375 doz solucan gübresinde, en düşük değeri ise kontrol parsellerinde elde edilmiştir. Kontrol parsellerinde kuru otun verimi düşerken, gübre dozunun artırıldığı parsellerde verim artış gözlenmiştir. Organik kaynaklı gübrelerin toprakta yararlılığı üzerine olumlu etki yapması, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkisinin oldukça önemli olduğu bazı araştırmacı tarafından da belirtilmektedir (Foth ve Ellis, 1998;Çakar, 2021). Konuyla ilgili diğer araştırmacıların bulguları; Uslu (2005), Kahramanmaraş'ta bulunan Araplar köyünde 128.4-185.4 kg/da, Altın ve ark. (2010) Tekirdağ'da 142.5 kg/da, Şahinoğlu (2010), Samsun ilinin Bafra ilçesi Koşu köyünde 103.60-375.44 kg/da, Şen (2010), Kilis'in 6 farklı köyündeki ortalama değer 85-172 kg/da Yavuz (2013) Köprübaşıömerefendi Köyü/Düzce'de 438.7 kg/da, Büyükhatipoğlu (2015) Şanlıurfa Tek Tek dağları meralarında 184.32 kg/da Polat ve ark. (2018) Şanlıurfa'da 184.32 kg/da, Dedek (2020) Şanlıurfa'da 47.36 kg/da ve Kökten ve Tanrıverdi (2020) Muş ili Merkezine bağlı Kıyıbaşı köyünün merasında 39.62 kg/da olup farklı değerler bulmuşlardır. Bu farklılıklar, kullanılan farklı gübre dozları, farklı ekolojik şartlardan, sulama ve özellikle farklı bitki florasından kaynaklanmış olabilir.

### **Ağırlığa göre botanik kompozisyon (%)**

Taban mera bölümünün kuadrat metodunda ağırlığa göre botanik kompozisyonları Çizelge 4.'de görülmektedir. Vejetasyonu oluşturan familyalara ait türlerin ağırlıklarına göre botanik kompozisyona katılım oranları gübresiz ve gübreli kesimlerde baklagillerde %1.97 ve %3.20, buğdaygillerde %76.69 ve %86.31 ile diğer familyalarda %10.48 ve %21.33 seviyesinde ölçülmüştür.

Çizelge 4. İncelendiğinde, ağırlığa göre botanik kompozisyonlarında buğdaygil familyasına ait türler hakim durumdadır. Bu durum orta kuşakta yer alan kurak iklime sahip meraların ortak özelliğidir. Adams ve ark. (1986), dünyada birçok mera alanının hâkim türleri buğdaygiller olduğunu bildirmiştir. Mera alanlarında botanik kompozisyon farklılığının taban suyu seviyesinin farklılığından kaynaklanabileceğini Koç ve ark. (2005) belirtmektedirler.

Araştırmada buğdaygillerin mera vejetasyonlarının ana üretkenleri olduğunu, uygulanan gübre azotu özellikle solucan gübresinin taban mera kesimlerinde buğdaygiller oranını arttırdığı tespit edilmiştir. Genelde gübrelemenin baklagiller oranını arttırırken, diğer familyaların oranında azalmaya sebebiyet verdiğini Çomaklı ve ark. (2005) bildirmişlerdir. Bitki örtüsünde buğdaygiller veya baklagiller lehine tek yönlü bir artış mera idaresinde arzulanmaz. Buğdaygillerin yoğun, baklagillerin az olduğu mera alanlarında bitkilerin faydalanabileceği simbiyotik azot miktarı düşük olmakta, yüksek baklagiller ve %40'ın altındaki buğdaygil oranlarında ki otlayan hayvanlarda şişme oluşabileceğini Vough ve ark. (1995) bildirmiştir. Diğer araştırmacıların çalışmaları şöyledir; Çınar ve ark. (2003) Tufanbeyli/Adana doğal merada baklagiller %26.8, buğdaygiller %23.2 ve diğer familyalar %50.0, Terzioğlu ve Yalvaç (2004) Van merkez Atmaca köyü doğal merada baklagiller %25.6, buğdaygiller %37.9 ve diğer giller %36.5, Uslu (2005) Kahramanmaraş'a bağlı Araplar köyünde bulunan doğal merada baklagiller %17.4, buğdaygiller %46.4 ve diğer familyalar %36.2, Babalık (2007) İsparta İli Davraz Dağı Kozağaçı merasında, baklagiller %12.11, buğdaygiller %67.43, diğer familyalar %20.46,



Altın ve ark. (2010) Tekirdağ ili Malkara ilçesi Karamurat köyü merasında baklagillerde %15.8-19.7, buğdaygillerde %54.4-58.4 ile diğer familyalarda %21.9-29.8, Nadir (2010) Tokat ili merkez ilçe mera alanında baklagiller %33.41, buğdaygiller %34.11 ve diğer familyalar %32.49, İnal ve ark. (2011) Adana ili sahil kesimindeki merada baklagiller %0-8.2, buğdaygiller %6.1-69.7 ve diğer familyalar ise %22.0-93.5, Seydoşoğlu, ark. (2015) Diyarbakır ili Silvan ilçesinin taban kesimindeki 6 farklı merada baklagiller %16.89-48.25, buğdaygiller %30.81-72.92 ve diğer familyalar ise %10.19-39.74, Büyükhatipoğlu (2015) Şanlıurfa Tek Tek dağları meralarında baklagiller %10.61, buğdaygiller %69.80 ve diğer familyalar %19.56 olarak tespit edilmiştir. Bulgularım, bazı araştırmacıların bulgularından farklı çıkmasının en önemli nedenleri ise farklı coğrafya, yöney, kuraklık, aşırı otlatma, erozyon ve ekolojik koşullardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

**Çizelge 4.** Şanlıurfa ili TekTek Dağı doğal meraların botanik kompozisyon ortalamalar ve oluşan gruplar

Gübre dozları (kg/da)	Ağırlıkça bileşenlerine göre Baklagiller (%)	Ağırlıkça bileşenlerine göre buğdaygiller (%)	Ağırlıkça bileşenlerine göre diğer familya bitkileri (%)
0	1.97 c <sup>1</sup>	76.69 e	21.33 a
6P 6N	2.05 c	77.77 de	20.16 a
75	2.28 bc	80.27 cd	17.53 b
150	2.33 bc	81.50 c	15.97 bc
225	2.50 b	82.83 bc	14.67 cd
300	2.52 b	85.36 ab	12.30 de
375	2.96 a	86.22 a	10.91 e
450	3.20 a	86.31 a	10.48 e
<b>Ortalama</b>	<b>2.47</b>	<b>82.12</b>	<b>15.42</b>
D.K.	12.36	4.77	1.81
Lsd (%5)	1.97 c	76.69 e1	21.33 a

<sup>1)</sup>Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalarda, Lsd %5'e göre istatistikî olarak farksızdır.

## **Ham Protein Oranı (%)**

Araştırma sonucunda farklı solucan gübre dozlarına ait ham protein oranına ilişkin sonuçlar %7.58-11.68 arasında değişirken en yüksek ortalama değer 375-450 doz solucan gübresinde tespit edilmiştir. En düşük oran kontrol parsellerinde yani gübre verilmeyen parsellerde elde edilmiştir. Ortalama ham proteinin oranı %9.70 olarak ölçülmüştür (Çizelge 5.). Gübre dozu artırılmış parsellerde baklagil ve buğdaygil bitkisi oranlarının artması, istenilmeyen diğer familyalarında bitki oranlarının azalmasını neden olmuştur. Bu durum, gübre dozu uygulamalarının artışına bağlı olarak baklagil bitki oranlarındaki gelişme, protein oranını olumlu yönde etkilemiş ve artışa neden olmuştur.

Ham protein oranı değerlerimiz, Aydın ve Başbağ (2016) Karacadağ/Şanlıurfa'da %19.19, Kökten ve Tanrıverdi (2020) Muş ili Merkezine bağlı Kıyıbaşı köyünün merasında %13.4 ve Kılıç ve Çınar (2021) Trabzon ili Düzköy ilçesi Beypınarı doğal merasında %11.0-16.3 değerlerinden düşük, Lafçı (2019) Şanlıurfa yöresinde %7.5-16.4, Yavuz (2013) Düzce Köprübaşıömerefendi doğal mera alanında %12.88, Dedek (2020) Şanlıurfa Tek Tek dağları meralarında %8.40 bulguları ile kısmen uyumlu, Yavuz ve ark. (2008) Tokat İli Taşlıçiftlik köyü doğal merasında %5.87-8.00 ve Büyükhatipoğlu (2015) Şanlıurfa Tek Tek dağları meralarında %6.01 ile %8.60, değerlerinden yüksek bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre ortaya çıkan farklılık, kullanılan farklı gübre dozları, farklı ekolojik şartlar ve özellikle yetiştirme mevsiminde farklı miktarlarda düşen yağışlar miktarı olabilir.

**Çizelge 5.** Şanlıurfa ili TekTek dağları doğal meralarında farklı solucan gübre dozlarının bazı verim ile kalite özelliklerine ait ortalamalar ve oluşan gruplar

Gübre dozları (kg/da)	Kuru ot verimi (kg/da)	Ham protein oranı (%)	ADF Oranı (%)	NDF Oranı (%)
0	59.66 f <sup>1</sup>	7.58 d	43.00 a	71.42
6P 6N	93.26 e	8.81 cd	42.00 a	66.40
75	119.33 d	9.04 b-d	38.50 b	65.34
150	131.83 cd	9.27 a-d	38.00 b	64.96
225	146.16 c	9.64 a-d	37.00 bc	61.23
300	180.00 b	10.28 a-c	35.50 c	61.21
375	246.50 a	11.36 ab	35.00 c	60.12
450	194.66 b	11.68 a	32.28 d	58.16
<b>Ortalama</b>	<b>146.42</b>	<b>9.70</b>	<b>37.65</b>	<b>63.60</b>
<b>D.K.</b>	<b>6.00</b>	<b>1.87</b>	<b>3.71</b>	<b>4.54</b>
<i>Lsd (%5)</i>	<i>17.31</i>	<i>7.58 d1</i>	<i>2.43</i>	<i>ö.d.</i>

<sup>1)</sup>Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalarda, Lsd %5'e göre istatistikî olarak farksızdır.

### ADF Oranı (%)

Otun kalitesini belirleyen ölçülerden biri %ADF dir. Bitkilerdeki lif oranının artışı, bitkilerdeki yem kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Araştırmada uygulanan azot gübre dozu artışı baklagil ve buğdaygil bitki oranlarının artışına, istenilmeyen diğergil bitki oranlarının ise azalmasını neden olmuştur. Bu durum, gübre dozu uygulamalarının artışına bağlı olarak baklagil ve buğdaygil bitki oranlarındaki gelişme ADF oranında olumlu yönde bir artışa neden olmuştur (Çizelge 5.). Çalışmamızda ADF oranına ilişkin değerler %32.28-43.00 arasında olup 4 farklı grup oluşturmuştur. Bu sonuçlara göre en yüksek ortalama değer 0 kg/da solucan gübre dozundaki kontrol parsellerinde, en düşük değere ise 450 kg/da solucan gübre dozunda tespit edilmiştir. Ortalama ADF oranı %37.65 olarak bulunmuştur (Çizelge 5.). Yücel ve ark. (2014), yem bitkilerinde ADF oranının düşük olmasının, yemin kalitesini artırıp, hayvanların beslenme ihtiyaçlarını karşılayabileceğini bildirmişlerdir.

ADF oranı değerlerimiz, Yavuz (2013) Köprübaşıömerefendi Köyü/Düzce'de %32.40, Aydın ve Başbağ (2016) Karacadağ/Şanlıurfa'da %29.78, Kökten ve Tanrıverdi (2020) Muş ili Merkezine bağlı Kıyıbaşı köyünün merasında %29.0, değerlerinden yüksek, Lafçı (2019) Şanlıurfa yöresinde %29.8-41.3, ve Karlı ve ark. (2003) TÜGEM Altındere Tarım işletmesinin doğal merasında %32.44-44.51, Karataş (2015) Erzurum kıraç merasında %40.13, Yavuz ve Karadağ (2016) Amasya ili meralarında %34.16-41.84, Tarhan ve Çaçan (2020) Bingöl il merkezine bağlı Ormanardı köyü merasında %38.9, oranlarında saptamış oldukları ADF oranları ile uyum içindedir.

### **NDF oranı (%)**

NDF oranına ilişkin ortalama değerlerin önemli olmamasına rağmen, rakamsal olarak en yüksek ortalama değer 0 doz solucan gübresinden %71.47 oranında elde edilmiş, ortalama NDF oranı ise %63.60 olarak bulunmuştur (Çizelge 5.). Nötr deterjan lifiyle ilgili hemiselüloz, selüloz, lignin, kütin ve silika gibi bileşenlerin yemdeki varlığı, sindirim süreçlerini olumsuz etkilemekte, özellikle sindirimi zorlaştıran maddelerin yüksek olması, hayvanların beslenme verimliliğini düşürebilmektedir.

NDF oranı değerlerimiz, Karlı ve ark. (2003) TÜGEM Altındere Tarım işletmesinin doğal merasında %55.63-61.21, Güllap (2010) Erzurum Kargapazarı dağ meralarında %46.4-55.2, Şahinoğlu (2010) Samsun İli Bafra İlçesi Koşu köyü merasında %45.2-52.6, Yavuz (2013) Köprübaşıömerefendi Köyü/Düzce'de %57.95, Karataş (2015) Erzurum kıraç merasında %56.06, Aydın ve Başbağ (2016) Karacadağ/Şanlıurfa'da %47.76, Yavuz ve Karadağ (2016) Amasya ili

meralarında %45.82-68.37, Lafçı (2019) Şanlıurfa yöresinde %34.5-43.3, Kökten ve Tanrıverdi (2020) Muş ili Merkezine bağlı Kıyıbaşı köyünün merasında %58.2, değerlerinden yüksek ölçülmüştür. Araştırmacılar arasında görülen bu farklılık, kullanılan farklı gübre dozları, farklı ekolojik şartlardan, meradaki farklı botanik kompozisyonundan, özellikle yetiştirme mevsiminde farklı miktarlarda düşen yağışlardan kaynaklanmış olabilir.

## **Sonuç**

Şanlıurfa ili TekTek dağları doğal meraları ve bu gibi ekolojik koşullar için ot verimi ve kalitesinde yüksek değerlerin elde edilmesi, elde edilen verimle yabancı ot türlerinin azalması, baklagillerin verime katılma miktarlarının artması ve mera alanının sürdürülebilirliğinde önem arz etmektedir. Yüksek kuru ot ve ham protein oranı ile düşük ADF ve NDF oranları bakımından, kullanılan solucan gübre dozlarının verim ve kalite özelliklerinden elde ettiğim bulgular bir bütün olarak ele alındığında, dekara 375 kg solucan gübrelemesi çok iyi verimli ve kaliteli ot üretebildiği gözlemlenmiş olup tavsiye edilmektedir.

## **Açıklama**

Bu tezde kullanılan veriler, ilk yazarın yüksek lisans tezi olup, HÜBAP tarafından desteklenen 22207 nolu projeden üretilmiştir. Ayrıca, makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Açıkgöz, E. (2001). Yem bitkileri (3. Baskı). Uludağ Üniversitesi Güçlendirme vakfı, Yayın No:182. Vipaş A.Ş.. Yayın No: 58, s.584,
- Adams, J. B., Smith, M. O. & Johnson, P. E. (1986). Spectral mixture modeling: A new analysis of rock and soil types at the Viking Lander 1 site. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 91(B8), 8098-8112.
- Altın, M., Tuna, C. & Gür, M. (2010). Tekirdağ taban ve kıraç meralarının verim ve botanik kompozisyonuna gübrelemenin etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(2), 191-198.
- Aydın, A. & Başbağ, M. (2017). Karacadağ'ın farklı yükseltilerindeki meraların durumu ve ot kalitesinin belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32(1), 74-84.
- Babalık, A. A. (2007). Davraz dağı Koz ağacı yaylası merasında bitki ile kaplı alan ve otlatma kapasitesinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, A (1), 12, 19.
- Boran, D. Y. (2015). Farklı ısı teknikleri uygulanmış solucan gübresinin kalite parametrelerinin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Büyükhatipoğlu, Ş. (2015). Şanlıurfa tek tek dağları meralarında farklı yöneylelerdeki bitki türü, kompozisyonları, ot verimi ve kalitelerin belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Şanlıurfa.
- Cevheri, C. & Polat, T. (2009). Şanlıurfa'da yem bitkileri tarımının dünü, bugünü ve yarını. Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 1: 63-76.
- Çakar, H. (2021). Mardin ekolojik koşullarında kışlık nohut (*Cicer arietinum* L.)'ta farklı dozlarda solucan gübresi ve leonardit uygulamalarının verim parametreleri üzerine etkisi Mardin Artuklu Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mardin.

- Çelik, R., Aslan, V. & Akyıldız, M. H. (2017). Harran Ovası'nın yeraltısuyu potansiyelinin coğrafi bilgi sistemi ile modellenmesi. Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Dergisi, 8(1), 53-64.
- Çınar, S., Hatipoğlu R. Ve Avcı, M., 2003. Adana İli Tufanbeyli İlçesi Hanyeri Köyü Merasında Verim ve Botanik Kompozisyonun Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Türkiye V. Tarla Bitkileri Kongresi, 12-15 Eylül, Bursa, Cilt 1, s.352-356.
- Çomaklı, B., M. Güven, A. Koç, Ö. Menteşe, A. Bakoğlu & A. Bilgili, 2005. Azot, fosfor ve kükürtle gübrelemenin Ardahan meralarının verim ve tür kompozisyonuna etkisi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül, Antalya, Cilt II, s.757-761.
- Çomaklı, B., Daşcı, M., & Koç, A. (2008). Geleneksel otlatma uygulamalarının yayla mera vejetasyonu ve yem kalitesi üzerine etkileri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32(4), 259-265.
- Dedek, B. (2020). Şanlıurfa İli Tekttek Dağları Doğal Meralarında Farklı Dozlarda Su Tutucu Polimer Uygulamasının Mera Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. Harran Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.
- Demir, H., Polat, E., & Sönmez, İ. (2010). Ülkemiz için yeni bir organik gübre: solucan gübresi. Tarım aktüel, 14, 54-60.
- Dominguez, J., Edwards, C. A., & Subler, S. (1997). A comparison of vermicomposting and composting. Biocycle, 38, 57-59.
- Foth, H.D., Ellis, B.G. 1998. Soil Fertility. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA. 153 pp.
- Güllap, M.K.,2010. Kargapazarı Dağında Farklı Otlatma Sistemi Uygulamalarının Mera Bitki Örtüsüne Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- İnal, İ., Avcı, M., Çınar, S., Yücel, C. & Hatipoğlu, R. (2011). Çukurova Bölgesi sahil meralarının vejetasyon yapısı üzerine bir araştırma. IX.

- Tarla Bitkileri Kongresi Sunulu Bildiri, 12-15 Eylül, Bursa, 3. Cilt, s.1664-1667.
- Karataş, R. (2015). Taban ve kıraç meralarda bitki gelişim dönemlerine bağlı olarak verim ve ot kalitesinin değişimi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Karlı, M. A., Deniz, S., Nursoy, H., Denek, N. & Akdeniz, H. (2003). Vejetasyon Döneminin Mera Kalitesi ve Hayvan Performans› Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, 27, 117-124.
- Kılıç, S. & Cinar, S. (2021). Karadeniz Bölgesinde Farklı Gübre Uygulamalarının Meranın Ot Verimi, Ot Kalitesi ve Botanik Kompozisyonuna Etkisi. Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences, 11(1), 67-75.
- Koç, A., Sürmen, M. & Kaçan, K. (2005). Erzincan Ovası Taban Meralarının Bitki Örtülerinin Mevcut Durumu. Cilt II, Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül, Antalya, s.847-850.
- Kökten, K. & Tanrıverdi, H. (2020). Muş Merkezine Ait Kıybaşı Köyü Merasının Verim Ve Kalitesinin Belirlenmesi. Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences, 7(9), 259-265.
- Kuşvuran, A., Veyis, TANSI. & R. İ. N. (2011). Türkiye’de ve Batı Karadeniz Bölgesi’nde çayır-mera alanları, hayvan varlığı ve yem bitkileri tarımının bugünkü durumu. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG), (2), 21-32.
- Lafçı, N. (2019). Şanlıurfa yöresi koyun yetiştiriciliği yapılan bazı bölgelerde doğal meraların ham besin madde içeriklerinin belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.
- Nadir, M., 2010. Tokat ili Yeşilyurt köyü doğal merasının botanik kompozisyon, kuru madde verimi ve kalitesinin belirlenmesi.



- Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Polat, T., Budak, S. & Akkaya, G. (2018). Adıyaman ili Kuyulu köyü doğal meralarının kuru ot verimi, kalitesi ve botanik kompozisyonu üzerine bir araştırma. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(3), 348-354.
- Seydoşoğlu, S., Saruhan, V. & Mermer, A. (2015). Diyarbakır ili Silvan ilçesi taban meralarının vejetasyon yapısı üzerinde bir araştırma. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(1), 1-7.
- Şahinoğlu, O., 2010. Bafra ilçesi Koşu köyü merasında uygulanan farklı ıslah yöntemlerinin meranın ot verimi, yem kalitesi ve botanik kompozisyonu üzerine etkileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun.
- Şen, N. (2012). Kahramanmaraş ili Ahır Dağı meralarının bazı hidrofiziksel ve kimyasal toprak özellikleri ile vejetasyon yapısı üzerine araştırmalar. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Tarhan, H. & Çaçan, E. (2020). Bingöl ilinde mera verim ve kalitesinin yönelere bağlı olarak aylık değişimi ve otlatmaya başlama zamanının belirlenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 110-122.
- Terzioğlu, Ö. & Yalvaç, N. (2004). Van yöresi doğal meralarında otlatmaya başlama zamanı, kuru ot verimi ve botanik kompozisyonun belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 14(1), 23-26.
- Uslu, Ö. S., 2005. Kahramanmaraş İli Türkoğlu İlçesi Araplar Köyü Yeniapan Merasında Botanik Kompozisyonun Tespiti ve Farklı Gübre Uygulamalarının Meranın Verim ve Botanik Kompozisyonuna Etkileri Üzerinde Araştırmalar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.

- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597.
- Vough, L. R., Decker, A. M. & Taylor, T. H. (1995). Forage establishment and renovation. *Forages*, 2, 29-43.
- Yavuz, T., Büyükburç, U. & Karadağ, Y. (2008). Gübreleme ve dinlendirme ile yapay mera tesisi yöntemlerinin doğal meraların verim ve kalitesi üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1), 37-42.
- Yavuz, R. (2013). Mera ıslahında herbisit ve gübre uygulamaları (Düzce Köprübaşıömerfendi Örneği). Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, Düzce.
- Yılmaz, F. I. & Safiye, K. (2018). Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının toprağın bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(2), 143-150.
- Yurtsever, N. (2011). Deneysel İstatistik Metotları. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 121 Teknik Yayın No 56, 800s.
- Yücel, C., Sayar, M. & Yücel, H. (2014). Diyarbakır Koşullarında Yaygın Fiğ (*Vicia sativa* L.) Genotiplerinin Ot Kalitesi İle İlgili Bazı Özelliklerin Saptanması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 16(2), 45-54.



## BÖLÜM 3

### TOPRAK VERİMİNİ VE BİTKİSEL ÜRETİMİ İYİLEŞTİRMEYE YÖNELİK YEŞİL GÜBRELEMENİN PAMUK (*Gossypium hirsutum* L.) BİTKİSİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Doktora Öğrencisi Suat CUN<sup>1\*</sup>

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10890173>

---

<sup>1</sup> Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye.  
suatcun@harran.edu.tr, ORCID:0000-0001-6607-8263

<sup>2</sup> Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye.  
vbeyyavas@harran.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6516-9403



## **Giriş**

Tarımda verim sadece tohum ile sınırlı değil aynı zamanda toprağın verimli olmasına bağlı olarak da gerçekleşir. Tarımsal üretimde toprağın verimliliğini etkileyen olumsuz faktörler, toprak analizi ile belirlenmeli ve uygun görülen gübreler kullanılarak giderilmeye çalışılmalıdır. Kullanılan gübreler özellikle de kimyasal gübrelerin hakkında bilgi sahibi olması ve zararlarının bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Çünkü gübrelemenin gereğinden fazla ya da az kullanılması ve yanlış uygulanması toprağın yapısında birtakım bozulmalara sebep olabilmektedir. Bu durum toprakta verimliliğin azalmasına ve bitkisel üretimde ürünlerin kalitesinin düşmesine sebebiyet vermektedir (Cüre, 2022).

Organik gübreler, bitki ve hayvan atıkları sonucu meydana gelen toprağın havalanmasını sağlayan, su tutma kapasitesini artırmasının yanı sıra vermikompost topraklarda strüktürün yapısını da düzenleyerek gözeneklerin iyileşmesinde önemli rol oynamaktadır (Abacıoğlu ve ark., 2020). Günümüzde tarımsal alanlarda aşırı kimyasal kullanımının artması neticesinde hem insan sağlığı hem de çevresel koşullarda onarımı güç tahribatları beraberinde getirmekle birlikte bu tahribatlar giderek daha da olumsuz sonuçları beraberinde getirmektedir. Bu tahribatların en büyük nedenlerinden biri tarımla uğraşan insanların öncelikle verim odaklı bir üretim fikrini benimsemelerinden kaynaklanmaktadır. Bu durum insan ve çevre sağlığı bakımından ciddi bir tehdit meydana getirdiği için çevreye dost olabilen üretim yöntemlerinin tercih edilmesi gelecek için hayati önem taşımaktadır (Eryılmaz ve ark, 2019). Kimyasal gübrelerin meydana getirdiği

olumsuz sonuçlar, aynı zamanda sera gazı emisyonları, topraklarda asit miktarının artması (Hou ve ark., 2010), doğal ekosistem ve biyolojik çeşitliliğin bozulması (Majeed ve ark., 2015) ve aynı zamanda topraktaki besinlerinde dengesine (Asghar ve Kataoka, 2022) olumsuz etki ederek birçok sorun meydana getirebilmektedir. Dünyanın birçok ülkesinde tarımsal üretimde kimyasal gübreler kullanıldığı gibi ülkemizde de çok fazla kullanılmaktadır. FAO verilerine göre Türkiye kimyasal gübre üretimi açısından dünya üretimine kıyasla oldukça küçük bir pay sahibi olmasına rağmen kimyasal gübre kullanımında ise ön plana çıkmaktadır (FAO, 2017).

Topraklarda organik madde miktarının artırılmasında iki yol izlenmektedir; bunlardan birincisi topraklara organik artıklar karıştırılarak organik madde bakımından zenginleşmesini sağlamak, ikincisi ise organik madde kaybının önüne geçilmesidir (Magdoff ve van Es, 2000). Topraklara katılan organik maddeler, genellikle hasada gelmemiş bitki artıklarından, çiftliklerdeki hayvan gübrelerinde veya yeşil gübrelerden oluşmaktadır. Bunlar içerisinde yeşil gübreleme toprak sağlığı, bitki büyüme ve gelişmesinin yanı sıra doğal ekosistem için son derece önem arz etmektedir. Yeşil gübreleme, toprakta organik madde ve verimin iyileşmesi açısından uygun bir tarımsal faaliyet olarak görülmekte (Balachandar ve ark., 2020); bitkilerde büyüme ve verimde artışın olmasına olanak sağlamaktadır (Zhou ve ark., 2020). Bu yönden yeşil gübrelemeler, sürdürülebilir bir tarım sistemi açısından temel bir bileşen olarak görev almaktadır.

Dünyada endüstri bitkileri arasında öncü bir bitki olan pamuk bitkisinin üretimi için hem toprak ve bitki sağlığı göz önünde bulundurmak gerekir.

Diğer bitkilerde olduğu gibi aşırı kimyasal gübrelemenin kullanımı pamuk bitkisinde de yaygın bir şekilde yapılmaktadır. Bu bağlamda pamuk bitkisinde iyi bir üretim ve kalite sağlanabilmek için, organik tarımın "kimyasal içermeyen" daha çok toprak sağlığına olumlu etkide bulunan ve bütünsel bir tarım sistemi destekleyen uygulamaların tercih edilmesi bitki, toprak, hayvan ve toplum sağlığını iyileştirmesi açısından pozitif etkilere olanak tanımaktadır (Seufert ve ark., 2017).

### **Toprak Mikrobiyalitesi ve Sağlığının Korunması**

Toprak sağlığını ve çeşitliliğini teşvik etmek, tarımsal sistemlerin verimliliğini ve sürdürülebilirliğini korumak için esastır. Toprak sağlığı, toprakların bitki büyümesini destekleme ve ekosistem işlevini sürdürme yeteneğini ifade eder ve toprak yapısı, besin mevcudiyeti ve mikrobiyal çeşitlilik gibi bir dizi faktörden etkilenir (Puerta ve ark., 2018). Bu durum sayesinde uzun toprak oluşma süreçlerine dayanmakla birlikte insan ve zaman ölçeğinde geri dönüşümü olmayan bir kaynak olarak görülmektedir (Dominati ve ark., 2016).

Toprakların mikrobiyal aktivitesi ile biyolojik zenginlikler bitkilerde besin maddesi döngüsü, filtrasyon ile tamponlamadan görevli olan toprak kalitesi için biyolojik bir etkendir (Akça ve Ok, 2021). Toprak mikrobiyal çeşitliliği, bitki sağlığının korunmasında hayati bir rol oynar. Toprak sağlığını ve verimliliğini teşvik etmek, besin döngüsünü arttırmak ve kimyasal girdilere bağımlılığı azaltmak için çeşitli bir toprak mikrobiyal topluluğu gereklidir. Toprak mikropları, simbiyotik ilişkiler kurmak, organik maddeyi parçalamak ve bitki büyümesi için gerekli olan besinleri serbest bırakmak gibi bitkilerle çeşitli şekillerde etkileşime girer (Powlson ve ark., 2001).





Şekil 1. Toprakta bulunan mikrobiyal aktiviteler ve besin elementleri

Toprak sağlığının geliştirilmesinde kilit faktörlerden biri toprak yapısının korunmasıdır. Toprak yapısı, iyi toprak havalandırmasını, su infiltrasyonunu ve besin mevcudiyetini korumak için kritik öneme sahiptir. Toprak yapısı, toprak agregalarının korunmasına ve toprak rahatsızlığının en aza indirilmesine yardımcı olan azaltılmış toprak işleme gibi uygulamalarla korunabilir (Puerta ve ark., 2018). Ayrıca, toprak mikrobiyal çeşitliliği, toprak-mikrop-bitki sisteminin esnekliğini korumak için çok önemlidir. Farklı bir mikrobiyal topluluk, kuraklık, ısı ve besin eksikliği gibi çevresel stres faktörlerine karşı daha dirençlidir (Rivero ve ark., 2022).

Gübre uygulaması, toprak yönetimi uygulamalarının da toprak mikrobiyal toplulukları üzerinde önemli etkileri olabilir (Smith ve ark., 2016). Örneğin, toprak işleme toprak yapısını bozabilir ve toprak organik maddesinin kaybına yol açabilir, mikrobiyal çeşitliliği azaltabilir ve mikrobiyal topluluk yapısını değiştirebilir. Gübre uygulaması, farklı mikrobiyal grupları etkileyen farklı gübre türleri ile mikrobiyal toplulukları da değiştirebilir (Mishra ve ark., 2017).

## **Yeşil gübreleme**

Gelişme dönemini tamamlamayan fakat kuruma ve sararma görülen bütün bitki aksamalarının yeşil durumda olan bitkilerin toprağa karıştırılarak yapılan işleme “yeşil gübreleme” bu amaçlar doğrultusunda yetiştirilmesi yapılan bitkilere ise “yeşil gübre bitkileri” denilmektedir (Başaran, 2011). Yeşil gübre uygulamalarında mevcut durumdaki toprağın yapısını iyileştirerek organik madde bakımından zenginleştirmek olarak görülmektedir. Bu işlemler sayesinde toprak yapısında iyileşmeler olurken aynı zamanda da toprak ve bitkilerin sıklıkla gereksinim duyduğu önemli besin elementlerinden birisi olan azot ihtiyacını da sağlamakla birlikte diğer besin elementlerinin de yararlı bir duruma gelmesini sağlamaktadır (Akkeçeci ve Özkan, 2022).

Yeşil gübre bitkileri ile toprağa bol miktarda karıştırılan yeşil aksam aracılığıyla bitki kök bölgesinde besin miktarı artırılırken (Bahl ve Pasricha, 2000), ara ürün yeşil gübre bitkilerinin takip eden bitkide besin kullanımını da iyileştirmektedir (Piotrowska-Długosz ve Wilczewski, 2020).



**Şekil 2.** Yeşil bitkilerin toprağa karıştırılması

Ayrıca yeşil gübre uygulamaları, ana ürün olarak yetiştirilecek bitkilere azot desteği sağlayacağından dolayı toprağa verilecek azot miktarı da azalmış olacaktır (Akkeçeci ve Özkan, 2022). Yeşil gübrelemede fiğ, bakla, soya fasulyesi, taş yoncası gibi havanın azotundan istifade ederek köklerinde azot biriktiren bitkiler tercih edilmektedir. Ayrıca, bitkilerin ihtiyaçları dahilinde yeşil gübre alabilmeleri için; gelişimlerinin hızlı olması, fazla yeşil aksam meydana getirmesi ve fakir topraklarda bile gelişimlerinin iyi olması gerekmektedir (Bulut ve Arslan, 2021).

## **Yeşil Gübrelemenin Bitki ve Toprak Bakımından Önemi ve Faydaları**

Yeşil gübrelemenin önemini ve faydalarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- ❖ Yeşil gübrelerin toprağa karıştırılması; organik madde bakımından artış, ihtiyaç duyulan besin maddelerinin sağlanmasına ve toprağın hidro-fiziksel özelliğinin düzelmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu durumda yeşil gübrelemeler toprağın kalitesinde birtakım düzelmelere ve ekosistemin korunması bakımından etkin bir görev almaktadır (Jayaraman ve ark., 2021; Ansari ve ark., 2022).
- ❖ Çözünen besinlerin toprakta sızmasını önleyerek besin kayıplarına engel olur ve toprak zeminine bir örtü gibi kaplayarak toprak yapısında meydana gelebilecek zararları önlenmiş olur (Islam ve ark., 2019).
- ❖ Toprağın gereksinim duyduğu azotu temin eden yeşil gübre bitkileri bu sayede hem ekosistemin sağlıklı kalması hem de çiftçilerin fazla miktarda azot kullanmasının önüne geçmiş olur (Liang ve ark., 2022).
- ❖ Yeşil gübrenin birçok açıdan önemli bir besin kaynağı görevi gördükleri için ihtiyaç duyulan miktarda besin maddesi sağlamanın yanında besinlerin salınımı ve tarımsal ürünlerin gerekli gördüğü besin talebi arasında senkronizasyonun önemli bir fonksiyonu olarak yer almaktadır (Abera ve Gerkabo, 2021).
- ❖ Yeşil gübreleme için tercih edilen baklagiller C/N oranları az olduğundan topraklarda azotun hızlı bir şekilde mineralize olmasını sağlarlar (Li ve ark., 2021).

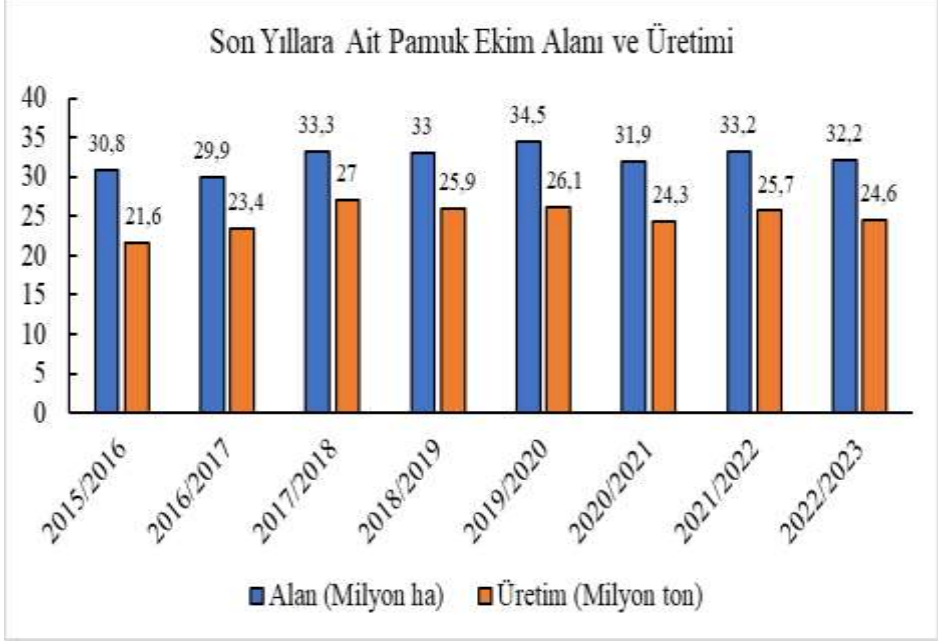
- ❖ Birçok besin elementinde etkin faaliyetlerde bulunan yeşil gübre fosforun emilmesi ve fosforlu gübrelere fosfor emilmesinin artmasında rol almaktadır (Ismail, 2013).
- ❖ Yeşil gübrelemeler, toprak kalitesi ve verimliliği için olumlu bir kaynak olarak görülen (Dai ve ark., 2019), toprakta; mikrobiyal biyokütle ve çeşitlilik ile enzim aktivitelerinin artmasında pozitif etkilere sahiptir (Özyazıcı ve ark., 2010; Sofu ve ark., 2014; Sürücü ve ark., 2014; Chavarria ve ark., 2016; Nivelles ve ark., 2016).
- ❖ Heterotrofik mikroorganizmalarda karbon ve enerji kaynağı olarak yeşil gübreler önemli göreve sahiptirler (LeBlanc, 2022).
- ❖ Topraklarda meydana gelebilecek bozulmalara karşı yeşil gübreler fiziksel olarak bir koruma görevi sağlamanın yanında toprak yapısının iyileşmesi için uygun bir ortam sağlar (Bhattacharyya ve ark., 2009). Ayrıca toprak gözeneklerinin hacimce artmasına olanak sağlar (Özyazıcı ve Özdemir, 2013).
- ❖ Toprak erozyonunun azaltmasında yine yeşil gübreler etkin rol aldığı gibi (MacRae ve Mehuys, 1985); erozyona uygun ekosistemlerde, örtü bitkisi olarak yararlanılması halinde besin elementleri ve organik karbonun kaybolmasının önüne geçerek yardımcı olmaktadır (Ansari ve ark., 2022).
- ❖ Bitkilerde ekim nöbeti uygulamalarında kendinden sonra yetiştirilen bitkilerde verim ve kalitelerinin artmasında görev almaktadır (Wang ve ark., 2022).
- ❖ Bitkilerden önceden yapılan toprak işlenmesi yeşil gübre uygulamalarıyla en aza düşürülebilir (Garcia-Franco ve ark., 2015).

- ❖ Ekim nöbeti uygulamalarında yeşil gübre bitkilerinin tercih edilmesi ve bu gübrelerin toprağa dahil edilmesi, toprak etkenli birçok hastalığın azaltılmasında yardımcı olduğu gibi tarım alanlarında böcek zararlarını da en aza indirmektedir (Li ve ark., 2015; Yang ve ark., 2019).
- ❖ Günümüzün önemli sorunlarından biri olan küresel ısınma ve sera gazlarının yoğunluğunu yine tarımsal alanlarda yeşil gübrelerin kullanılmasıyla bu yoğunluğun azalmasına yardımcı olmaktadır (Zhong ve ark., 2021). Bu durum sürdürülebilir bir tarım için oldukça büyük bir önem taşımaktadır.
- ❖ Tarımsal üretimin devamlılığı, biyolojik zenginliğin korunması ve uzun vadeli kimyasal gübrelerin kullanılması sonucu meydana gelen toprak bozulmalarının azaltılmasında yeşil gübreler önemli rol almaktadır (Asghar ve Kataoka, 2022).

### **Pamuk Bitkisinin Genel Durumu**

Pamuk, dünyanın birçok farklı coğrafi bölgelerinde yaygın bir kullanıma sahip olmasının yanı sıra ekonomik bir önem taşıması ile üretici konumundaki ülkeler açısından katma değer ve istihdam olanakları sağlayan bir bitki olarak karşımıza çıkmaktadır (Majumdar ve ark., 2019; Rehman ve ark., 2019). Uluslararası Pamuk İstişare Komitesi (ICAC) tarafından yapılan açıklamada; 2022/2023 üretim sezonunda tüm dünyada 32.2 milyon ha alanda pamuk bitkisi ekilmiş olup ortalama 24.6 milyon üretim gerçekleşmiştir. Dünya pamuk üretiminde ilk 5 ülke; Çin, Hindistan, ABD, Brezilya ve Avustralya'dır. Pamuk tüketiminde ise sırasıyla Çin, Hindistan, Pakistan, Türkiye ve Bangladeş yer alır (ICAC,

2023). Dünyanın önemli pamuk üretici ülkeleri arasında yer alan Türkiye pamuk tüketiminde dünya sıralamasında dördüncü sıradadır.



**Kaynak:** ICAC, 1Cotton This Month, September 1, 2023 & 2 Country Online 01 June 2023.

Dünyada, pamuk üretiminde kullanılmakta olan ilaç ve gübre gibi kimyasalların insan ve çevre sağlığı üzerindeki zararlı etkileri, her geçen gün kendini hissettirmeye başlamıştır. Bu nedenle tekstil ve konfeksiyonda da organik dönem başlamıştır. ABD ve Avrupa piyasalarındaki organik giysi satışları beklenenden fazla gelişmiştir. Özellikle ABD, Çin ve Türkiye başta olmak üzere, organik pamuk olarak bilinen gübre ve böcek ilacı kullanılmadan, çevreye zarar vermeyen yöntem ve malzemeler uygulanarak doğal bir şekilde pamuğun

(transgenik olmayan) üretimi gerçekleştirilmektedir (Gunaydin ve ark., 2019).

### **Pamuk Bitkisinde Kullanılan Kimyasal Gübreler**

Baklagillerden elde edilen yeşil gübreler, mikrobiyal biyokütlenin karbonunu, kararsız haldeki karbonu ile azot, fosfor ve potasyumun alınabilirliği ve toprak agregasyonları gibi toprak kalitesini belirleyen temel etkenleri pozitif yönde etkilemektedir (Ansari ve ark., 2022). Bu bakımdan pamuk bitkisinde sık sık tercih edilen eden azot, fosfor ve potasyumun alınabilirliği pamuk bitkisi açısından önem taşımaktadır.

#### **a) Azot**

Azot pamuğun büyümesi ve gelişmesi için kritik bir element olmakla birlikte diğer elementlere göre daha tutarlı ve daha büyük miktarlarda gereklidir (Hou ve ark., 2007). Azot aynı zamanda gölgelik gelişimi ve fotosentez için de gerekli bir elementtir (Wullschleger ve ark., 1990). Azotlu gübrelemenin pamuk büyümesi, koza gelişimi, tiftik verimi ve lif kalitesi üzerinde önemli etkileri vardır (Ali ve ark., 2007; Luo ve ark., 2018; Zhou ve ar., 2011). Ek olarak azot aynı zamanda tuzluluk toleransını, su verimliliğini de geliştirebilir (Devkota ve ark., 2013; Polychronaki ve ark., 2012). Ancak pamuğun azot yönetimi, pamuğun belirsiz büyüme özellikleri nedeniyle oldukça zordur. Bu, yetersiz veya aşırı nitrojen oranlarıyla dengesiz büyümeye yol açabilir (Rosolem ve Mikkelsen, 1989).





Şekil 3. Pamukta azot noksanlığına bağlı bazı belirtiler

Azotlu gübrelemenin düşük oranları genellikle zayıf büyüme ve gelişmeye bağlı olarak düşük verime neden olur (Yang ve ark., 2011). Yüksek oranda azotlu gübreleme kullanımı ise bitki örtüsünün aşırı gelişmesi ve verimin büyüme mevsiminin ilerleyen dönemlerinde olgunlaşması sonucu sıklıkla koza üretiminde azalmaya yol açmaktadır. Bu nedenle pamukta uygun azot yönetimi oldukça zor ve önemlidir. Son yıllarda küresel çevre sorunlarının ortaya çıkmasıyla birlikte küresel ısınma konusundaki farkındalığın artması ve azotun artan maliyeti, azotlu gübreleme araştırmalarına ilgiyi artırmıştır.

## b) Fosfor

Fosfor, pamuğun büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan üç besin elementinden biridir (Sun ve ark., 2022). Orta büyüme aşamasında tomurcuklanmayı ve çiçeklenmeyi teşvik etmekle birlikte geç büyüme aşamasında pamuk kozalarının olgunluğunu ve ağırlık artışını teşvik edebilir, böylece tiftik verimini ve lif kalitesini doğrudan etkileyebilir (Sun ve ark., 2018).



Şekil 4. Pamukta fosfor noksanlığına bağlı bazı belirtiler

Artan gübrelemenin kullanılması, toprağın beslenme durumu nedeniyle son birkaç yılda mahsul üretimini etkilemiştir (Geisseler ve Scow, 2014). Fosfatlı gübre, özellikle diğer besin maddeleri ile karşılaştırıldığında optimalin altında düzeyde, toprak fosforu ile rekabet halinde olmayan daha yüksek bir fosfor gereksinimi ile ürün üretkenliğinin merkezinde yer alır (Parfitt ve ark., 2008). Bitkisel üretimde fosfor azottan (N) sonra çok önemlidir; ancak kaynakları dünya çapında sınırlıdır (Gilbert, 2009). Fosfor uygulaması kökün uzunluğunu, genişliğini ve çapını artırarak kök mimarisini geliştirir. Bu nedenle, bitkiler tarafından fosfor alımı ağırlıklı olarak fosforun varlığı ve edinimi ile kontrol edilmektedir (Lynch, 2011; Mai ve ark., 2018; Vance ve ark., 2003). Fosfor eksikliği biyokütle birikimini azaltarak pamuğun büyümesini ve gelişmesini engeller, bu da tohumlu pamuk veriminin düşmesine neden olur (Singh ve ark., 2006).

Mahsulün büyümesi, büyüme mevsimi boyunca besinlerin mevcudiyetini ve sürekli tedarikini gerektirir. Pamuk verimi besin maddelerinin, özellikle de fosfor mevcudiyetine olumlu yanıt verir (Girma ve ark., 2007). Topraktaki fosforun mevcudiyeti, pamuk bitkisinin kısımlarındaki besin birikimini ve kuru madde birikimini etkilemektedir (Roy, 2000). Kimyasal gübrelerin çevresel etkilerini en aza indirmek ve yeşil gübrelerin pamuk bitkisi açısından yönetiminin bilinmesi hem toprak hem de bitki sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

### **c) Potasyum**

Potasyum, bitki büyümesini ve gelişimini etkileyen çok sayıda fizyolojik ve biyokimyasal süreçte yer alan, bitkilerin ihtiyaç duyduğu temel makro

besinlerden biridir (wang ve ark., 2013). Pamuk gibi bol miktarda potasyum gerektiren kapsamlı ürünler için potasyum gübrelemesinin önemi artmıştır. Pamuk bitkisinde potasyum verimin yanı sıra lif kalitesinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Hatam ve ark., 2020). Hücre ozmotik basınç dengesinin korunmasında (Zhoor ve ark., 2017), stoma hareketinin iyileştirilmesinde, enzim aktivitesinin sağlanmasında, fotosentetik performansın optimize edilmesinde, asimilatların taşınmasının desteklenmesinde hayati rol oynayan mahsul büyümesi ve gelişimi için önemli bir elementtir (Hafeez ve ark., 2018). Dahası biyotik ve abiyotik streslere karşı bitki direncinin iyileştirilmesi (Shahzad ve ark., 2019), azotlu gübre kullanım oranını artırabilmesinin yanı sıra pamuk bitkilerinin köklerini, gövdelerini, yapraklarını ve üreme organlarının büyümesini destekleyebilir (Hu ve ark., 2017).



Şekil 5. Pamukta potasyum noksanlığına bağlı bazı belirtiler

Son yıllarda pamuk veriminin artması, yüksek verimli çeşitlerin uygulanması, azotlu ve fosforlu gübrelerin artmasıyla birlikte pamuk tarafından topraktan potasyum uzaklaştırılması her geçen yıl artmış, pamuk tarlalarından toprak potasyum kaybı da artmıştır (Yin ve ark., 2018). Bu durum erken olgunlaşan modern çeşitlerdeki yüksek verim, pamukta potasyum eksikliği semptomlarının ortaya çıkmasından sorumlu olan faktör olarak görülmekte (Oosterhuis ve ark., 2013) ve

yaygın kök sisteminin eksikliği, potasyum eksikliğinin bir nedeni olabileceği düşünülmektedir.

### **Yeşil gübrelemenin pamuk bitkisi üzerine etkisi**

Organik gübreler, toprakların mineral tutma kapasitesini (katyon değişimini), su ve hava tutmasını, iz element seviyelerini artırmakta, pH seviyesini dengelemekte ve mikroorganizma dengesini düzenlemektedir (Süzer ve Çulhacı, 2016).

Organik pamuk üretiminde genel olarak verim seviyesi geleneksel üretime göre daha düşüktür. Bu nedenle, organik üretimde toprağın sürdürülebilir kullanımı için; yeşil gübre uygulamaları (Zai ve ark., 2008; Özyazıcı ve ark., 2009) yapılmaktadır.

Pamuk tarımında yeşil gübre olarak baklagiller atmosfer azotunu fikse etmeleri ve bileşimlerinde bulunan C:N oranının küçük olması nedeniyle tercih edilmektedir. Yeşil gübre uygulamaları, pamuk hasadından hemen sonra ekilmekte ve yeniden pamuk ekiminden önce toprak altına devrilmektedir. Böylece kış aylarında çıplak tarla toprağında erozyonu önlerken, toprağa çevrilmesiyle de toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileşmesini sağlamaktadır (Aygün, 1992). Pamuk tarımında yeşil gübre olarak fiğ, bakla, bezelye gibi baklagil türleri ile çavdar, arpa, yulaf, kolza, hardal gibi baklagil dışında kalan türler kullanılmaktadır (Aygün 1992, Yalçuk 1976). Yeşil gübre bitkilerinin toprakta organik madde miktarını ve pamuk verimini artırdığı birçok çalışmayla ortaya konmuştur. Yapılan bir çalışmada baklagil ve baklagil+buğdaygil karışımı yeşil gübre uygulamalarının organik madde ve azot oranını artırdığı, en fazla verimin fiğ yeşil

gübresinden alındığı belirtilmiştir (Aygün 1992). Tosun (1998), pamuk tarımında yeşil gübre kullanılması ile toprağın faydalı fosfor, potasyum ve organik madde miktarında artış olduğunu, azotlu gübre uygulamaksızın erken fiğ ekimi ile pamuk tarımı yapılabileceğini, verim ve kalite kayıplarının olmayacağını, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde iyileşmeler sağlanacağını bildirmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, pamuk tarımında fiğ bitkisinin yeşil gübre olarak kullanılması ile toprak organik maddesinin %20.5 ortalama verimin %12 arttığı saptanmıştır (Şahin ve Kıvılcım 2000).

## **Sonuç**

Doğaya uygun sürdürülebilir bir tarım sisteminin izlenmesi ve sağlıklı gıdaların üretilmesi gelecek nesiller için toprağı korumak adına yeşil gübrelerin tercih edilmesi hem bitki hem de toprak korunması açısından önem taşıyacaktır. Tarımsal üretimin devamlılığı, insan, toplum ve doğa için ancak adil, paylaşılır ve sürdürülebilirliğin sağlanmasıyla etik farkındalık ve etik duyarlılığın dikkate alınması ile mümkün olacaktır. Günümüzde sanayileşmenin yarattığı çevresel kirlilik, endüstriyel tarım ürünlerinde insan sağlığını tehdit eden olumsuz etkilerin çoğalması gibi birçok neden tüketicilerin doğal ve organik ürünlere yönelmesini sağlamıştır. Yine kimyasal gübrelerin aşırı kullanılması neticesinde tarımsal alanlarda toprak yorgunluğu bilincinin anlaşılması ve beslenme sorunlarının artması gibi nedenler de organik gübre kullanımının geniş tutulması gerektiğinin bilincine varılmıştır. Tarımsal üretimde önemli bitkilerden biri olan pamuk bitkisinde de artan kimyasal gübre kullanımı önemli problemleri beraberinde getirmektedir. Pamuk bitkisinde de yeşil

gübrelerin kullanılması gelecekte toprağın sürekliliğini ve tarımsal üretimin sağlığı açısından oldukça önem arz edecektir.

## KAYNAKLAR

- Abacıoğlu, E., Yatgın, S., Tokel, E., Yücesoy, P. (2020). Vermikompostun (Solucan Gübresi) üretimi ve bitki beslemesindeki önemi. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 3(1), 1-10.
- Abera, G., Gerkabo, H., (2021). Effects of green manure legumes and their termination time on yield of maize and soil chemical properties. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(3): 397-409.
- Akça, M. O., Ok, S. S. (2021). Toprak ekosistemi üzerine mikroplastiklerin etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 9(2), 79-91.
- Akkeçeci, Ş., Özkan, Ç. Ö. (2022). Organik tarımda yeşil gübre uygulamasının önemi ve sürdürülebilirliği. *Adyutayam Dergisi*, 10(2), 161-174.
- Ali, M. A., Mushtaq Ali, M. A., Khuda Yar, K. Y., Mueen-ud-Din, M. U. D., Muhammad Yamin, M. Y. (2007). Effect of nitrogen and plant population levels on seed cotton yield of newly introduced cotton variety CIM-497.
- Ansari, M.A., Choudhury, B.U., Layek, J., Das, A., Lal, R., Mishra, V.K. (2022). Green manuring and crop residue management: Effect on soil organic carbon stock, aggregation, and system productivity in the foothills of Eastern Himalaya (India). *Soil and Tillage Research*, 218: 105318.
- Asghar, W., Kataoka, R. (2022). Green manure incorporation accelerates enzyme activity, plant growth, and changes in the fungal community of soil. *Archives of Microbiology*, 204: 7.
- Aygün, H. (1992). Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) da yeşil gübrelerin etkileri üzerinde araştırmalar.
- Bahl, G., Pasricha, N. (2000). Nuttilization bymaize (*Zea mays* L.) as influenced by crop rotation and field pea (*Pisum sativum* L.) residuemanagement, *Soil Use and Management*, 16 (3), 230-231.



- Balachandar, R., Baskaran, L., Yuvaraj, A., Thangaraj, R., Subbaiya, R., Ravindran, B., Karmegam, N. (2020). Enriched pressmud vermicompost production with green manure plants using *Eudrilus eugeniae*. *Bioresource Technology*, 299: 122578.
- Başaran, M. (2011). Organik Gübreler, Gübreleme ve Yeşil Gübreler, Organik Tarım Eğitim Kitabı, Kayseri, Sayfa:130.
- Bhattacharyya, R., Prakash, V., Kundu, S., Srivastva, A.K., Gupta, H.S. (2009). Soil aggregation and organic matter in a sandy clay loam soil of the Indian Himalayas under different tillage and crop regimes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 132(1-2): 126-134.
- Bulut, S., Arslan, M. (2021). Organic Field Crops Production Factors. II. International Congress of the Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology-2021 (pp.74-80). Gazimagusa, Cyprus (KKTC).
- Chavarría, D. N., Verdenelli, R.A., Serri, D.L., Restovich, S.B., Andriulo, A.E., Meriles, J.M., Vargas-Gil, S. (2016). Effect of cover crops on microbial community structure and related enzyme activities and macronutrient availability. *European Journal of Soil Biology*, 76: 74-82.
- Cüre, B. (2022). Kimyasal ve organik gübrelerin çevre üzerine etkisi. *Uluslararası Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, 3(2), 98-107.
- Dai, X., Zhou, W., Liu, G., Liang, G., He, P., Liu, Z. (2019). Soil C/N and pH together as a comprehensive indicator for evaluating the effects of organic substitution management in subtropical paddy fields after application of high-quality amendments. *Geoderma*, 337: 1116-1125.
- Devkota, M., Martius, C., Lamers, J. P. A., Sayre, K. D., Devkota, K. P., Gupta, R. K., Vlek, P. L. (2013). Combining permanent beds and residue retention with nitrogen fertilization improves crop yields and water productivity in irrigated arid lands under cotton, wheat and maize. *Field Crops Research*, 149, 105-114.

- Dominati, E. J., MacKay, A. D., Bouna, J., Green, S. (2016). An ecosystems approach to quantify soil performance for multiple outcomes: The future of land evaluation? *Soil Science Society of America Journal*, 80:438-449.
- Eryılmaz, G. A., Kılıç, O., İsmet, B. (2019). Türkiye’de organik tarım ve iyi tarım uygulamalarının ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2):352-361.
- FAO, (2017). FAO, World fertilizer trends and outlook to 2020 (Summary Report), Rome. <http://www.fao.org/3/a-i6895e.pdf>
- Garcia-Franco, N., Albaladejo, J., Almagro, M., Martínez-Mena, M. (2015). Beneficial effects of reduced tillage and green manure on soil aggregation and stabilization of organic carbon in a Mediterranean agroecosystem. *Soil and Tillage Research*, 153: 66-75.
- Geisseler, D., Scow, K. M. (2014). Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms—A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 75, 54-63.
- Gilbert, N. (2009). Phosphate: the disappearing nutrient. *Nature*, 461(7265), 716-718.
- Girma, K., Teal, R. K., Freeman, K. W., Boman, R. K., Raun, W. R. (2007). Cotton lint yield and quality as affected by applications of N, P, and K fertilizers.
- Gunaydin, G. K., Yavas, A., Avinc, O., Soydan, A. S., Palamutcu, S., Simsek, M. K., Kivilcim, M. N. (2019). Organic cotton and cotton fiber production in Turkey, recent developments. In M. Gardetti & S. Muthu (Eds.), *Organic cotton* (pp. 101-125). Springer, Singapore.
- Hafeez, A., Ali, S., Ma, X., Tung, S. A., Shah, A. N., Liu, A., Yang, G. (2018). Potassium to nitrogen ratio favors photosynthesis in late-planted cotton at high planting density. *Industrial Crops and Products*, 124, 369-381.

- Hatam, Z., Sabet, M. S., Malakouti, M. J., Mokhtassi-Bidgoli, A., Homaei, M. (2020). Zinc and potassium fertilizer recommendation for cotton seedlings under salinity stress based on gas exchange and chlorophyll fluorescence responses. *South African Journal of Botany*, 130, 155-164.
- Hou, X., Xu, M., Li, D., Niu, D., Gao, J., Shen, P. (2010). Evolution of the soil chemical properties in paddy field under long-term application of sulfurcontaining and chloride-containing fertilizers. *Scientia Agricultura Sinica*, 43: 2460-2468.
- Hou, Z., Li, P., Li, B., Gong, J., & Wang, Y. (2007). Effects of fertigation scheme on N uptake and N use efficiency in cotton. *Plant and Soil*, 290, 115-126.
- Hu, W., Coomer, T. D., Loka, D. A., Oosterhuis, D. M., Zhou, Z. (2017). Potassium deficiency affects the carbon-nitrogen balance in cotton leaves. *Plant physiology and biochemistry*, 115, 408-417.
- ICAC, (2023). 1Cotton This Month, September 1, 2023 & 2 Country Online 01 June 2023.
- Islam, Md. M., Urmi, T. A., Rana, Md. S., Alam, M. S., Haque, M. M. (2019). Green manuring effects on crop morpho-physiological characters, rice yield and soil properties. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(1): 303-312.
- Ismail, S. M. (2013). Influence of effective microorganisms and green manure on soil properties and productivity of pearl millet and alfalfa grown on sandy loam in Saudi Arabia. *African Journal of Microbiology Research*, 7(5): 375-382.
- Jayaraman, S., Sinha, N. K., Mohanty, M., Hati, K. M., Chaudhary, R. S., Shukla, A. K., Shirale, A. O., Neenu, S., Naorem, A. K., Rashmi, I., Biswas, A. K., Patra, A. K., Rao, C. S., Dalal, R. C. (2021). Conservation tillage, residue management, and crop rotation effects on soil major and

- micronutrients in semi-arid vertisols of India. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21: 523-535.
- LeBlanc, N. (2022). Green manures alter taxonomic and functional characteristics of soil bacterial communities. *Microbial Ecology*, (doi.org/10.1007/s00248-022-01975-0).
- Li, F., Wang, Z., Dai, J., Li, Q., Wang, X., Xue, C., Liu, H., He, G. (2015). Fate of nitrogen from green manure, straw, and fertilizer applied to wheat under different summer fallow management strategies in dryland. *Biology and Fertility of Soils*, 51: 769-780.
- Li, S., Liu, Y., Lyu, S., Wang, S., Pan, Y., Qin, Y. (2021). Change in soil organic carbon and its climate drivers over the Tibetan Plateau in CMIP5 earth system models. *Theoretical and Applied Climatology*, 145: 187-196.
- Liang, H., Li, S., Zhang, L., Xu, C., Lv, Y., Gao, S., Cao, W. (2022). Longterm green manuring enhances crop N uptake and reduces N losses in rice production system. *Soil and Tillage Research*, 220: 105369.
- Luo, Z., Liu, H., Li, W., Zhao, Q., Dai, J., Tian, L., Dong, H. (2018). Effects of reduced nitrogen rate on cotton yield and nitrogen use efficiency as mediated by application mode or plant density. *Field Crops Research*, 218, 150-157.
- Lynch, J. P. (2011). Root phenes for enhanced soil exploration and phosphorus acquisition: tools for future crops. *Plant physiology*, 156(3), 1041-1049.
- MacRae, R. J., Mehuys, G.R., 1985. The effect of green manuring on the physical properties of temperate-area soils. *Advanced Soil Science*, 3: 71-94.
- Magdoff F., van Es H. (2000). Building Soils for Better Crops. Univ. Vermont, Burlington VT, USA: 9–13.
- Mai, W., Xue, X., Feng, G., Yang, R., Tian, C. (2018). Can optimization of phosphorus input lead to high productivity and high phosphorus use

- efficiency of cotton through maximization of root/mycorrhizal efficiency in phosphorus acquisition?. *Field Crops Research*, 216, 100-108.
- Majeed, A., Abbasi, M. K., Hameed, S., Imran, A., Rahim, N. (2015). Isolation and characterization of plant growth-promoting rhizobacteria from wheat rhizosphere and their effect on plant growth promotion. *Frontiers in Microbiology*, 6: 198.
- Majumdar, G., Singh, S. B. ve Shukla, S. K. (2019). Seed production, harvesting, and ginning of cotton. In K. Jabran (Ed.), *Cotton production* (pp. 145-174). Wiley Online Library
- Mishra, J., Singh, R., Arora, N. K. (2017). Plant growth-promoting microbes: diverse roles in agriculture and environmental sustainability. *Probiotics and plant health*, 71-111.
- Nivelle, E., Verzeaux, J., Habbib, H., Kuzyakov, Y., Decocq, G., Roger, D., Lacoux, J., Duclercq, J., Spicher, F., Nava-Saucedo, J. E., Catterou, M., Dubois, F., Tetu, T. (2016). Functional response of soil microbial communities to tillage, cover crops and nitrogen fertilization. *Applied Soil Ecology*, 108: 147-155.
- Oosterhuis, D. M., Loka, D. A., Raper, T. B. (2013). Potassium and stress alleviation: Physiological functions and management of cotton. *Journal of plant nutrition and soil science*, 176(3), 331-343.
- Özyazıcı, M. A., Bayraklı, B., Özyazıcı, G., Kızılkaya, R. (2010). Yem baklasıyla yapılan yeşil gübre uygulamalarının hasat sonrası toprakların üreaz ve dehidrogenaz enzim aktivitesine etkisi. *Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi*, Cilt I, Sunulu Bildiriler, Nobel Yayın No: 1505, Fen Bilimleri: 103, 19-22 Ekim 2009, Hatay, s. 661-665.
- Özyazıcı, M. A., Özdemir, N. (2013). Çarşamba Ovası koşullarında yem ve yeşil gübre amacıyla yetiştirilen yem baklası (*Vicia faba* L.)'nın toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1): 15-23.

- Özyazıcı, M. A., Özyazıcı, G., Özdemir, O. (2009). Yeşil Gübre Uygulamalarının Mısır-Buğday Münavebesinde Bitkilerin Verim ve Bazı Tarımsal Özellikleri Üzerine Etkiler. *Anadolu Tarım Bilim. Derg.*, 24 (1): 21-33
- Parfitt, R. L., Baisden, W. T., Elliott, A. H. (2008). Phosphorus inputs and outputs for New Zealand in 2001 at national and regional scales. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 38(1), 37-50.
- Piotrowska-Długosz, A., Wilczewski, E. (2020). Influence of field pea (*Pisum sativum* L.) as catchcrop cultivated for green manure on soil phosphorus and P-cycling enzyme activity, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66 (11),1570-1582.
- Polychronaki, E., Douma, C., Giourga, C., Loumou, A. (2012). Assessing nitrogen fertilization strategies in winter wheat and cotton crops in northern Greece. *Pedosphere*, 22(5), 689-697.
- Powlson, D. S., Hirsch, P. R., Brookes, P. C. (2001). The role of soil microorganisms in soil organic matter conservation in the tropics. *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 61, 41-51.
- Puerta, V. L., Pereira, E. I. P., Wittwer, R., Van Der Heijden, M., Six, J. (2018). Improvement of soil structure through organic crop management, conservation tillage and grass-clover ley. *Soil and Tillage Research*, 180, 1-9.
- Rehman, A., Jingdong, L., Chandio, A. A., Hussain, I., Wagan, S. A. ve Memon, Q. U. A. (2019). Economic perspectives of cotton crop in Pakistan: A time series analysis (1970–2015) (Part 1). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(1), 49-54.
- Rivero, R. M., Mittler, R., Blumwald, E., & Zandalinas, S. I. (2022). Developing climate-resilient crops: improving plant tolerance to stress combination. *The Plant Journal*, 109(2), 373-389.

- Rosolem, C. A., Mikkelsen, D. S. (1989). Nitrogen source-sink relationship in cotton. *Journal of Plant Nutrition*, 12(12), 1417-1433.
- Roy, R. N. (2000). Integrated plant nutrition systems Conceptual overview. In *Proc. symp. on "Integrated Plant Nutrition Management."* National Fertilizer Development Centre, Islamabad (pp. 45-48).
- Seufert, V., Ramankutty, N., Mayerhoferd, T. (2017). What is this thing called organic?, How organic farming is codified in regulations, Food Policy., Volume 68:10-20.
- Shahzad, A. N., Rizwan, M., Asghar, M. G., Qureshi, M. K., Bukhari, S. A. H., Kiran, A., Wakeel, A. (2019). Early maturing Bt cotton requires more potassium fertilizer under water deficiency to augment seed-cotton yield but not lint quality. *Scientific reports*, 9(1), 7378.
- Singh, V., Pallaghy, C. K., Singh, D. (2006). Phosphorus nutrition and tolerance of cotton to water stress: I. Seed cotton yield and leaf morphology. *Field Crops Research*, 96(2-3), 191-198.
- Smith, C. R., Blair, P. L., Boyd, C., Cody, B., Hazel, A., Hedrick, A., Wolfe, Z. (2016). Microbial community responses to soil tillage and crop rotation in a corn/soybean agroecosystem. *Ecology and Evolution*, 6(22), 8075-8084.
- Sofo, A., Ciarfaglia, A., Scopa, A., Camele, I., Curci, M., Crecchio, C., Xiloyannis, C., Palese, A.M. (2014). Soil microbial diversity and activity in a Mediterranean olive orchard using sustainable agricultural practices. *Soil Use and Management*, 30(1): 160-167.
- Sun, M., Li, P. C., Zheng, C. S., Liu, S., Liu, A. Z., Han, H. M., Dong, H. L. (2018). Effects of low phosphorus stress on root morphology and physiological characteristics of different cotton genotypes at the seedling stage. *Cotton Science*, 30, 45-52.
- Sun, M., Li, P., Wang, N., Zheng, C., Sun, X., Dong, H., Zhang, Y. (2022). Soil available phosphorus deficiency reduces boll biomass and lint yield by

- affecting sucrose metabolism in cotton-boll subtending leaves. *Agronomy*, 12(5), 1065.
- Sürücü, A., Ozyazici, M.A., Bayraklı, B., Kizilkaya, R. (2014). Effects of green manuring on soil enzyme activity. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(9): 2126-2132.
- Süzer, S., Çulhacı, E. (2016). Effects of Different Organomineral and Inorganic Compound Fertilizers on Seed Yield and Some Yield Components of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). 19th International Sunflower Conference, 29 May-3 June 2016, Edirne, 881-885.
- Şahin A., Kıvılcım M. N. (2000). Ege Bölgesi Pamuk Tarımında Fiğ Bitkisinin Yeşil Gübre Değeri. Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsü, yayın no:54, Nazilli.
- Tosun, G. (1998). Bazı Baklagil Yeşil Gübrelere Pamuğun Tarımsal ve Kalite Özelliklerine Etkileri Üzerine Araştırmalar (Doktora Tezi). Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsü, yayın no:51, Nazilli.
- Vance, C. P., Uhde-Stone, C., Allan, D. L. (2003). Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New phytologist*, 157(3), 423-447.
- Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International journal of molecular sciences*, 14(4), 7370-7390.
- Wang, X., Duan, Y., Zhang, J., Ciampitti, I. A., Cui, J., Qiu, S., Xu, X., Zhao, S., He, P. (2022). Response of potato yield, soil chemical and microbial properties to different rotation sequences of green manure-potato cropping in North China. *Soil and Tillage Research*, 217: 105273.
- Wullschleger, S. D., Oosterhuis, D. M. (1990). Canopy development and photosynthesis of cotton as influenced by nitrogen nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 13(9), 1141-1154.



- Yalçuk H. (1976). Bitki Münavebe Sistemleri ile Toprağın Fiziksel Özellikleri Arasında İlişkiler. Menemen Bölge Toprak-Su Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, yayın no:5, Menemen-İzmir.
- Yang, G., Tang, H., Nie, Y., Zhang, X. (2011). Responses of cotton growth, yield, and biomass to nitrogen split application ratio. *European journal of agronomy*, 35(3), 164-170.
- Yang, L., Zhou, X., Liao, Y., Lu, Y., Nie, J., Cao, W. (2019). Co-incorporation of rice straw and green manure benefits rice yield and nutrient uptake. *Crop Science*, 59: 749-759.
- Yin, H., Zhao, W., Li, T., Cheng, X., & Liu, Q. (2018). Balancing straw returning and chemical fertilizers in China: Role of straw nutrient resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2695-2702.
- Zahoor, R., Dong, H., Abid, M., Zhao, W., Wang, Y., Zhou, Z. (2017). Potassium fertilizer improves drought stress alleviation potential in cotton by enhancing photosynthesis and carbohydrate metabolism. *Environmental and Experimental Botany*, 137, 73-83.
- Zai, A, K, E., Horiuchi, T., Matsui, T. (2008). Effects of Compost and Green Manure of Pea and their Combinations with Chicken Manure and Rape Seed Oil Residue on Soil Fertility and Nutrient Uptake in Wheat-Rice Cropping System. *African J. of Agricultural Research* 3 (9): 633-639.
- Zhong, C., Liu, Y., Xu, X., Yang, B., Aamer, M., Zhang, P., Huang, G. (2021). Paddy-upland rotation with Chinese milk vetch incorporation reduced the global warming potential and greenhouse gas emissions intensity of double rice cropping system. *Environmental Pollution*, 276: 116696.
- Zhou, G., Gao, S., Lu, Y., Liao, Y., Nie, J., Cao, W. (2020). Co-incorporation of green manure and rice straw improves rice production, soil chemical, biochemical and microbiological properties in a typical paddy field in southern China. *Soil and Tillage Research*, 197: 104499.

Zhou, G., Lin, Y., Tong, C., An, L., Liu, G. (2011). Effects of nitrogen application amount on growth characteristics, boll development and lint yield of high quality cotton. *Agricultural Science & Technology-Hunan*, 12(11), 1667-1670.



## **BÖLÜM 4**

### **TARIMSAL UYGULAMALARDA TOPRAK BİYOLOJİSİNİN ROLÜ: ABİYOTİK VE BİYOTİK STRESE KARŞI BİTKİ DİRENCİNE BİYOLOJİK YAKLAŞIMLAR**

Arş. Gör. Dr. Ali SARIOĞLU<sup>1\*</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10890190>

---

<sup>1</sup> Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. [asarioglu@harran.edu.tr](mailto:asarioglu@harran.edu.tr), ORCID: 0000-0001-6269-4990



## Giriş

Bu bölümde, tarım bağlamında yaygın olan hem biyotik hem de abiyotik stres faktörlerine karşı bitki direncini artırmak için umut verici bir yol olarak toprak biyolojisinin kilit rolüne dalmaktadır. Bitki kökleri ile toprak mikroorganizmaları arasındaki karmaşık dinamikleri ayrıntılı bir şekilde incelemekte ve azot fiksasyonunun bitkilerin çeşitli stres faktörlerine karşı toleransını artırmadaki önemli etkisini titizlikle ele almaktadır. Ayrıca, biyolojik çeşitliliğin ve doğal çözümlerin tarımsal sürdürülebilirlik ve gıda güvenliğinin geleceği için temel taşları olarak kritik önemini vurgulamaktadır. Detaylı bir analizle, bitkilerin stresli çevresel koşullara uyum sağlamalarına önemli ölçüde yardımcı olabilen bitkiler ve çeşitli toprak mikroorganizmaları arasındaki simbiyotik ilişkilerin nasıl önemli olduğunu ortaya koymaktadır, bu da genel sağlık ve canlılık seviyelerini artırmaktadır. Bulgular, tarım uygulamalarında doğal çözümlerin entegrasyonu için bir paradigma değişikliği gerektiğini vurgulayarak, bu yaklaşımın sadece tarım ürünlerinin sağlık ve verimliliğini artırmakla kalmayıp aynı zamanda çevresel etkilerini azalttığını belirtmektedir. Tarım uygulamalarında toprak biyolojisinin stratejik bir şekilde kullanılmasını vurgulayarak, bu derleme, ekolojik dengeyi koruma ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etme konusundaki vazgeçilmez rolünü aydınlatmaktadır. Bu kapsamlı keşif, bitki stres toleransını artırmaya yönelik değerli içgörüler sağlamayı amaçlamaktadır ve gelişen küresel zorluklar karşısında gıda güvenliğini ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için geleneksel bilgi ve yenilikçi biyolojik stratejilerin uyumlu bir şekilde birleştirilmesini savunmaktadır.

## 1. Stres ve Biyoloji

Tarımsal üretim, insan hayatının temel ihtiyaçlarını karşılama konusunda kritik bir rol oynamaktadır. Ancak, bu üretim çeşitli çevresel faktörlere tabidir. İklim değişikliği tarafından neden olan kuraklık, tuzluluk, zararlı organizmalar gibi faktörler bitki gelişimini tehdit etmektedir (Onyekachi ve ark., 2019). Bu çevresel etkiler, bitki büyümesini önemli ölçüde azaltmakta ve dolayısıyla tarım verimini düşürmektedir (Shahzad ve ark., 2021). Bazı doğal kaynaklar, bitkilerin bu stres faktörlerine karşı daha dirençli hale gelmesine yardımcı olmak için kullanılabilir (Khan veMehmood, 2023). Bu koşullarda, toprak biyolojisinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Toprak biyolojisi, bitki kökleriyle etkileşim halinde olan mikroorganizmalar, mantarlar, bakteriler ve diğer canlı organizmaları içeren bir ekosistem kompleksidir (Nannipieri, 2020). Bu organizmalar, toprak yapısını düzenleme, bitki besin alımını destekleme ve bitkilere hastalık ve zararlılara karşı yardımcı olma gibi özelliklere sahiptir (Koshila ve ark., 2019). Dolayısıyla, toprak biyolojisi, sadece bitkilerde doğal direncin artırılmasına değil, aynı zamanda tarımsal üretimin sürdürülebilir bir şekilde sürdürülmesine de önemli katkılarda bulunmaktadır (El Chami ve ark., 2020).

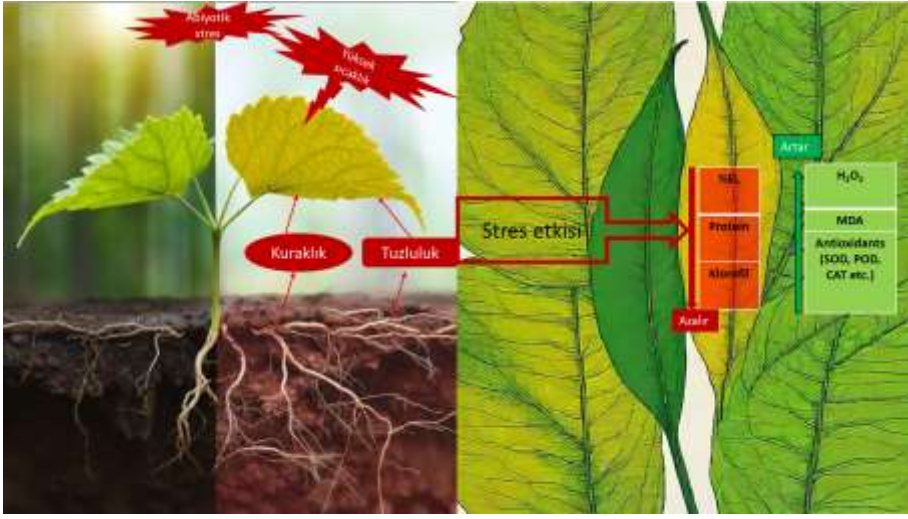
## 2. Bitki Stres Faktörleri ve Etkileri

Doğal habitatlardaki bitkiler çeşitli stres faktörleri ile karşılaşabilir (Şekil 1). Bu faktörler, abiyotik ve biyotik olarak sınıflandırılabilir (Morris ve ark., 2020). Abiyotik faktörler, bitki büyüme ve gelişimini etkileyen kuraklık, tuzluluk ve diğer çevresel faktörleri içerir (Khalid ve

ark., 2019). Bu faktörler bitkilerin anatomik ve fizyolojik yapısını değiştirebilir (Jia ve ark., 2021).

Kuraklık, bitkilerde su alımını sınırlayarak fotosentez, transpirasyon ve besin alımı gibi süreçleri olumsuz etkiler (Seleiman ve ark., 2021). Bu stres faktörüne tepki olarak, bitkiler stomalarını kapatıp kök yapılarında değişiklikler yaparak suyu korumaya çalışırlar (Kapoor ve ark., 2020), böylece kuraklığa dayanıklılıklarını artırırlar (Begna, 2020). Kuraklığın bitkiler üzerindeki etkilerini gösteren birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin, mısır, şeker kamışı ve pirinç bitkilerinde kuraklık koşullarında önemli ölçüde bitki boyunda azalmalar bildirilmiştir (Anjum ve ark., 2017; Misra ve ark., 2020; Patmi ve ark., 2020). Fotosentezdeki hasar, verime göre yaprak alanında önemli değişikliklere neden olur. Yaprak boyutu kurak koşullarda azalırken kalınlığı artar, bu da çalışmalar tarafından desteklenmektedir (Taiz ve Zeiger, 2015). *Prunus sargentii* ve *Larix kaempferi* bitkilerinde yaprak genişliği ve uzunluğunda önemli azalmalar gözlemlenmiştir (Bhusal ve ark., 2020). Ayrıca, pirinç, ekmeklik buğday ve mercimek bitkilerinde yaprak alanında azalmaların olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Patmi ve ark., 2020; Hosseini ve ark., 2017; Mishra ve ark., 2018).





Şekil 1. Bitki Stres faktörleri ve reaksiyonları

Tuz stresi, çeşitli faktörlere bağlı olarak toprak yüzeyinde tuzların birikmesi sonucunda ortaya çıkar (Zhao ve ark., 2021). Tuzluluk bitkilerde osmotik dengeyi bozar (Arif ve ark., 2020), bu da bitkilerin köklerinden tuzları uzaklaştırmak için tuz dışlama mekanizmalarını kullanmasına neden olur (Rahman ve ark., 2021). Bitkiler, kök hücrelerinden tuzları özelleşmiş proteinler aracılığıyla dışarı atarak hücreler içindeki tuz konsantrasyonunu düzenler (Rodriguez ve ark., 2023). Tuz stresi ayrıca bitkilerde su alımını engeller, su stresine neden olur ve fotosentez aktivitesini yavaşlatır (Abobatta, 2020). Ayrıca, bitkilerin kök bölgesinde  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonlarının birikmesi, bitkiye daha fazla zarar vererek toksisiteye neden olur (Hussain ve ark., 2018). Bitki dokularında yüksek düzeyde  $\text{Na}^+$  birikimi, hücre membran yapısını ve organel yapılarını hasara uğratarak oksidatif stresi artırır (Akladios ve Mohamed, 2018). Bu stres, bitkilerde ROS sentezinde artışa neden olarak hücresel bileşenlere zarar verir ve mineral alımını olumsuz etkileyerek bitki büyüme ve gelişmesini engeller (Yavaş ve ark., 2020; Karaca, 2019). Khan ve ark. (2016), çeşitli soya fasulyesi çeşitleri

üzerinde tuz uygulamasına tabi tutulan çalışmalarında, soya fasulyesinde hücrel yapıların önemli ölçüde hasar gördüğünü göstermiştir.

Ek olarak, bazı zararlı organizmalar bitkilerde stres oluşturarak bitkinin damar sistemi üzerinde etkide bulunarak su ve besin alımını etkiler ve bitki biyokütlesini ve verimini azaltır (Xie ve ark., 2019; Meena ve ark., 2020). Toprak mikroorganizmalarının bu stres faktörlerini hafifletmede önemli roller oynadığı bilinmektedir (Gupta ve ark., 2018).

### **3. Bitkilerin Stres Etkilerine Tepkileri**

Bitkiler, abiyotik ve biyotik stres altında büyümeyi sürdürmek ve hayatta kalmayı sağlamak için bir dizi savunma mekanizması geliştirmiştir (Sachdev ve ark., 2021). Stres koşullarında bitkilerde reaktif oksijen türleri (ROS) seviyeleri artar (Hasanuzzaman ve ark., 2020). Stres direncini artırmak ve büyümeye devam etmek için bitkiler savunma mekanizmalarını harekete geçirir (Devireddy ve ark., 2021) (Şekil 1). Enzimatik ve enzimatik olmayan mekanizmalar, antioksidan savunma sistemleri olarak bilinen ve ROS üretimini ve temizliğini düzenleyerek hücrel hasarı azaltmada kritik roller oynayan bileşiklerin aktivasyonu, ROS'ların üretimini ve temizlenmesini düzenleyerek hücrel hasarı azaltmada önemli roller oynarlar (Eddaikra ve Eddaikra, 2021). Süperoksit dismutaz (SOD), peroksidazlar (POD), katalaz (CAT) ve glutasyon redüktaz (GR) gibi enzimatik antioksidanlar, ROS'un üretiminde ve temizlenmesinde önemli roller oynayarak hücrelere zararın azaltılmasında etkilidirler (Rajput ve ark., 2021). Ayrıca, stres altında bitkiler, bitki savunma mekanizmalarını aktive etmek için abscisik asit (ABA), salisilik asit (SA) ve jasmonik asit (JA) gibi belirli

hormonlar salgırlar (Wang ve ark., 2021), bu da bitkilerin strese daha uygun yanıtlar vermesini sağlar.

SA bitkilerde düzenleyici bir rol oynar ve çimlenme, fotosentez aktivitesi, hastalık direnci ve stres direnci gibi fizyolojik özellikleri etkiler (Hussain ve ark., 2020). Özellikle bitki ile uyum içinde yaşayan ve azot fiksasyonunda etkili olan mikroorganizmaların bitkilerde SA salgısını desteklediği bilinmektedir. Bu desteğin yanı sıra, bitkilerde olası abiyotik stres faktörlerine karşı savunma mekanizmalarının arttığı gözlenmiştir. Ancak, bu artışın bitki türlerine ve hatta aynı bitki türlerinin farklı genotiplerine göre değiştiği gözlemlenmiştir (Zhang ve ark., 2016; Maruri-López ve ark., 2019).

JA ve etilen gibi diğer önemli bitki hormonları, bitki savunma mekanizmalarını destekleyen ve tetikleyen hormonlardır (Yang ve ark., 2015). Benzer şekilde, mikroorganizmalar bitkilerde bu hormonların üretimini tetikleyebilir (Kudoyarova ve ark., 2019). Bu hormonların en önemli özelliklerinden biri, bitkileri patojen hasarına karşı savunma mekanizmalarını desteklemeleridir (Akhtar ve ark., 2020).

Mikroorganizmalar, bitki büyümesini desteklemenin yanı sıra bitki savunma sistemine de katkıda bulunurlar (Nishad ve ark., 2020). Bitki gelişimini artırarak, stres altındaki bitkilerde oksin, sitokinin ve gibberellin gibi fitohormonların salgılanmasını düzenleyebilirler (Ghosh ve ark., 2019). Ayrıca, stomataların açılma ve kapanma mekanizmasını düzenleyerek savunma sağlarlar (Kosakivska ve ark., 2022). Özellikle azot bağlayıcı organizmalar olan mikroorganizmalar, bitkilerin stomataları daha verimli kullanılmasına yardımcı olarak patojen stresini önlerler (Hamid ve ark., 2021).

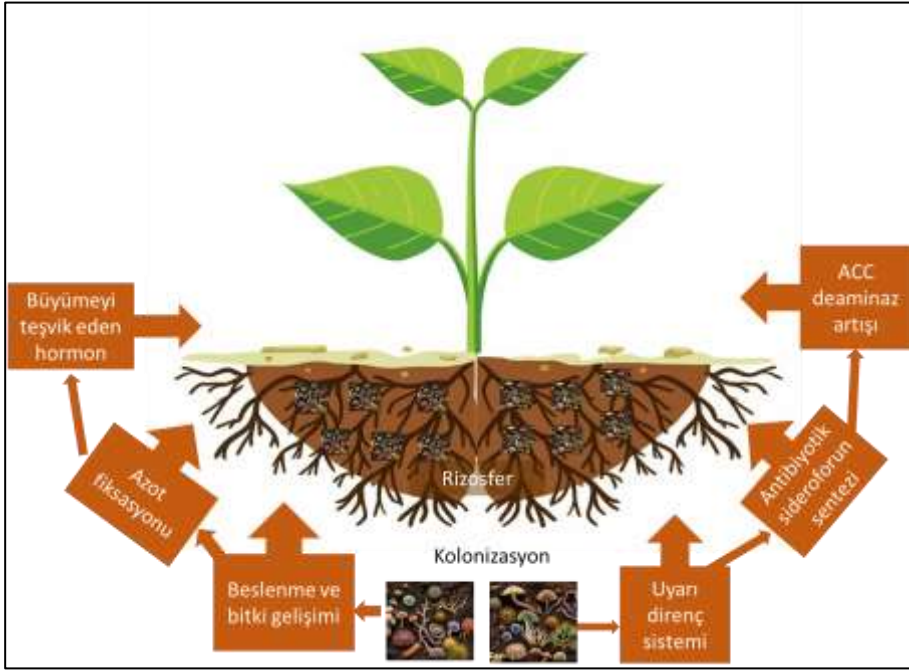
Stres altında, bitkiler, fotosentez ve solunum aktivitelerini düzenleyerek üretilen enerjiyi dengelemeye çalışırlar (Vanlerberghe ve ark., 2020) çünkü stres altında fotosentez hızı azalır. Bu tür koşullarda, bitkiler, bitki içinde üretilen su ve enerjiyi korumak için su ve enerjiyi dengelerler (Johnson ve ark., 2022). Sonuç olarak, stres altındaki bitkiler kök sistemlerini geliştirmeye çalışarak toprak derinliklerine daha derin nüfuz etmeye, su ve besinlerin kullanımını artırmaya çalışırlar (Arsova ve ark., 2020). Sınırlı su bulunurluğu, bitkilerin hücreler içinde suyu korumak ve osmotik dengelerini sürdürmek için stomataları kapatmalarına neden olur (Kul ve ark., 2020). Bu gibi stres koşullarında, mikroorganizmalar bitkilerde su ve besin alımını destekleyerek, bitkilerin abiyotik ve biyotik streslere karşı direncini artırır ve bitki savunma sisteminin gelişimine katkıda bulunurlar.

#### **4. Toprak Mikroorganizmaları ile Bitki Kökleri Arasındaki Etkileşim**

Toprakta bulunan bakteri ve mantarlar gibi mikroorganizmalar bitkilerle doğal bir simbiyotik ilişki içinde bir arada yaşarlar. Bu mikroorganizmalar bitki su ve besin alımını artırarak büyümeyi ve gelişmeyi teşvik eder ve dolayısıyla bitkinin hastalıklara ve zararlılara karşı direncini destekler (Harman ve ark., 2021). Bu simbiyotik ilişkiler bitkinin bağışıklık sistemi ve stres faktörlerine karşı savunma mekanizmalarını destekler (Hayat ve ark., 2010). Bu mikroorganizmalardan arbuscular mycorrhizal (AM) mantarlar bitki köklerini enfekte eder ve mantar miselleri aracılığıyla bitkinin köklerin ulaşamadığı alanlardan su ve besin sağlamaya yardımcı olur. Bu, bitki gelişimini artırır ve stres direncini artırır (Wahab ve ark., 2023). Benzer

şekilde, bitki gelişimini destekleyen ektomikoriza mantarları, bitki köklerini saran kök dışı miselleri aracılığıyla besin alımını artırır ve toprakta bulunan patojenlere karşı bitkileri korur (Cumming ve ark., 2015). Bakteriler de bitki gelişimini desteklemede ve stres direncini artırmada önemli bir rol oynarlar. Bu bakterilerden en önemlilerinden biri rhizobium bakterileridir.

*Rhizobium* bakterileri, doğal olarak baklagil bitkileriyle simbiyotik bir ilişki kurarlar. Bu ilişki bitkiye önemli faydalar sağlar. Bu bakteriler bitki köklerinde nodüller oluşturarak yaşarlar ve atmosferik azotu bitkiler tarafından kullanılabilir bir forma dönüştürdükleri amonyağa çevirirler (Dubey ve ark., 2021). Bu süreç, bitki büyümesi için esaslı bir besin olan azotun bitkilerin kullanabileceği bir forma dönüştürülmesini sağlar (Bayraklı ve ark., 2017). Azot bağlanması, bitki gelişimini önemli ölçüde artırır ve dolayısıyla bitki verimliliğine, toprak verimliliğine ve sonuç olarak sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkıda bulunur (Khan ve ark., 2021). *Rhizobium* bakterileri ayrıca bitkilerdeki stres faktörlerine karşı önemli destekleyici roller oynarlar (Hawkins ve ark., 2022). Bitkilerin stresle başa çıkması için çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik mekanizmaları uyarırlar (Gourion ve ark., 2015). Abiyotik stres faktörlerine yanıt olarak bitkinin su dengesini düzenleyerek ve antioksidan enzimlerin üretimini teşvik ederek, bitki hücrelerini moleküler mekanizmalar aracılığıyla korumaya yardımcı olabilirler ve bitkinin stresle başa çıkmasına yardımcı olabilirler (Etesami ve ark., 2020). Sonuç olarak, bitkiye azot sağlamanın yanı sıra, stres karşısındaki dayanıklılığına katkıda bulunarak tarımın ve doğal ekosistemin sürdürülebilirliğini desteklerler (Şekil 2).



Şekil 2. Mikroorganizmaların kök etkileşimi ve etkileri

## 5. Azot Fiksasyonu ve Bitki Stres Faktörlerine Karşı Koruma

Azot, bitkiler için temel bir besin maddesi olup proteinler, DNA, RNA ve klorofil gibi önemli bileşenlerin yapısında hayati bir rol oynar (Reddy ve Uluganathan, 2015). Bitki krallığında, atmosferdeki azot bitkilere herhangi bir şekilde fayda sağlamaz. Atmosferik azotun bitkiler tarafından kullanılabilmesi için bitkiler tarafından erişilebilir formlara dönüştürülmesi gerekir (Bano ve ark., 2016). Bitki beslenmesi için hayati öneme sahip bu dönüşüm sürecinden sorumlu olan temel mekanizma, azot bağlanması olarak adlandırılır (Lindström ve Mousavi, 2020). Azot, amino asitlerin ve proteinlerin yapı taşı olarak hizmet eder ve böylece köklerin, yaprakların ve çiçeklerin temelini oluşturarak bitki büyümesini teşvik eder (Bhatla ve ark., 2018). Stresli koşullar altında, yeterli miktarda azot bitkilerin hızlı büyüme ve gelişmesine olanak tanır. Yeterli

azot bulunabilirliği bitkilerin çiçeklenme sürecini etkiler ve nihayetinde meyve oluşumuna yol açar. Sonuç olarak, bu bitkilerin üreme yeteneklerini sürdürmelerine ve klorofil moleküllerinin yapısal bileşimine katkıda bulunan tohumlar üretmelerine olanak tanır (Dubey ve ark., 2021).

Bitkilerde fotosentez için gereken temel pigment olan klorofilin bol miktarda bulunmasını sağlayan azot bitkilere yeşil ve sağlıklı bir görünüm kazandırır (Fernández-Marín ve ark., 2018). Fasulye, bezelye ve yonca gibi baklagiller ailesine ait bitkiler, kök nodüllerinde bulunan başlıca *Rhizobium* bakterileri ile benzersiz ve karmaşık bir simbiyotik ilişki sergilerler (Suzaki ve ark., 2015). Bu dikkate değer bakteriler, atmosferdeki azotu çevredeki ortamda kullanma ve daha sonra erişilebilir ve kullanılabilir bir forma - amonyak - dönüştürme yeteneğine sahiptir. Bu amonyak daha sonra bitkiler tarafından büyüme ve gelişmeleri için hayati bir besin maddesi olarak kolayca emilir ve kullanılır (Kumar ve ark., 2020). Dikkat çekici bir şekilde, bu kompleks süreç olarak bilinen azot bağlanması, baklagil bitkilerinin kendi besin kaynaklarını üretmelerine olanak tanır, böylece sürekli hayatta kalma ve refahlarını sağlarlar. Bir besin kaynağı sağlamanın yanı sıra, stres altındaki bitkilere de önemli destek sunarlar.

Bu mikroorganizmalar, bitkilerin stres altında hücresel hasarı önlemek için bitkiler içinde antioksidan enzimlerin üretimini artırarak bitkilerin çevresel stres faktörlerine direncini artırma yeteneğine sahiptir (Abdelaal ve ark., 2021). Stres altında hücresel hasarın ana nedenlerinden biri, bitki hücrelerinde reaktif oksijen türlerinin (ROS) artmış varlığıdır (Karaca, 2019). Ayrıca, azotun antioksidan enzimlerin aktivitesini arttırmada

yardımcı olması ve ROS'un temizlenmesine katkıda bulunarak hücreleri hasardan korumasına yardımcı olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, azot bitkilerde protein sentezinde kritik bir rol oynar, çünkü proteinler büyüme, gelişme ve çeşitli streslere karşı direnç için hayati öneme sahiptir (Kapoor ve ark., 2019). Azot ayrıca enzim aktivitesini düzenlemeden sorumlu olduğundan, çevresel stres faktörlerine karşı artan direnç sağlar. Dahası, azot bitkilerde osmotik dengeyi korumada önemli bir rol oynar (Ozturk ve ark., 2021). Stresli koşullarda, bitkiler hücreler içinde osmotik dengeyi koruyarak su kaybını en aza indirmeye çalışır, böylece bitkinin hücresel yapısını ve işlevlerini korur (Zahoor ve ark., 2017).

Azotun başka önemli bir yönü, bitkileri fitokimyasalların üretimi aracılığıyla stresten koruma yeteneğidir, bu da savunma mekanizmaları olarak hareket eder. Bu fitokimyasallar, kuraklık gibi stres koşullarının zararlı etkilerini azaltmaya yardımcı olur (Vaghela ve Gohel, 2023). Ayrıca, stres altındaki baklagil bitkileriyle simbiyotik bir ilişki kurabilen *Rhizobium* bakterilerinin seçilmesi, bitki direncini daha da artırabilir. Bu, azot bağlayan mikroorganizmaların atmosferik azotu amonyağa dönüştürerek bitkiye azot sağlaması ve toprak azot içeriğini zenginleştirilmesi nedeniyle gerçekleşir (Mahmud ve ark., 2020).

Sonuç olarak, bu mikroorganizmalar çeşitli fizyolojik süreçleri artırarak hem bitkinin hem de toprağın genel sağlığına katkıda bulunur. Dolayısıyla, bu mikroorganizmaların antioksidan enzim üretimi, protein sentezi, enzim aktivasyonu, osmotik denge düzenlemesi ve azot bağlanması gibi çeşitli mekanizmalar aracılığıyla bitki direncini artırmada kritik bir rol oynadığı sonucuna varılabilir.



Bu nedenle, serbest yaşayan mikroorganizmaların sağladığı azot bağlanmasının döngüsel mekanizmaları ile baklagil bitkileri ve *Rhizobium* bakterileri ile simbiyotik ilişkiler bağlamında sağlanan azot bağlanmasının hem ekosistemler içindeki genel azot dengesinin sürdürülmesinde hem de oynadığı belirleyici bir rol oynar. Bu etkileyici biyolojik etkileşimler ve süreçler sonuç olarak bitki topluluklarının istikrarını ve verimliliğini destekler, aynı zamanda kara ekosistemlerinin genel sağlığını ve sürdürülebilirliğini sağlar. Bu bulgular ışığında, azot bağlanma ve ilişkili biyolojik süreçlerin karmaşık dinamiklerine ilişkin daha fazla araştırmanın, ekosistem işleyişinin kapsamlı bir anlayışını elde etmek ve tarımsal verimliliği artırmak için sürdürülebilir stratejiler tasarlamak için gerekliliği açıktır.

## 6. Biyoçeşitlilik ve Bitki Stres Toleransı

Biolojik çeşitlilik, mikroorganizmalar, böcekler, nematodlar, mantarlar ve diğer yaşam formları da dahil olmak üzere bir ekosistemde bir arada bulunan çeşitli organizmaların genetik farklılıklarının çeşitliliği ile ilişkilidir (Nielsen ve ark., 2015). Bu dikkate değer yaşam formu çeşitliliği, bitkilerin stres toleransını artırmada kritik bir rol oynar (Vurukonda ve ark., 2016). Daha yüksek çeşitlilik seviyesine sahip ekosistemler genellikle birçok stres faktörüne karşı artan dayanıklılık sergiler (Jackson ve ark., 2021). Topraktaki bakteriler, mantarlar ve mikorizal mantarlar da dahil olmak üzere çeşitli mikroorganizmaların çeşitli streslerle başa çıkma yeteneği sağlamak için bitkilerle etkileşime girdiği çeşitli mikrobiyal toplulukların varlığı bitkilerin dayanıklılığını

artırır (Kumar ve Verma, 2018). Bu mikroorganizmalar bitkilere besin sağlama, organik madde parçalama ve toprak ekosistemi ile biyojeokimyasal döngüleri sürdürme konularında etkin rol oynarlar (Rao ve ark., 2019). Bitkiler, topraktaki mikroorganizmalarla etkileşime geçme ve ardından fizyolojik ve moleküler yollarını zorlu koşullarla başa çıkmak için değiştirme konusunda dikkate değer bir kapasiteye sahiptirler. Bu karmaşık iletişim şekli, toprağa salgılanan kök ve sürgün salgılarının bileşimini kapsayan rizosferik koşullarda değişikliklere neden olur (Ullah ve ark., 2021). Açıkça görülmektedir ki, flavonoidler, kumarinler ve diğer organik bileşikler bitki sinyalleri olarak işlev görür ve konak bitkileriyle simbiyotik olarak etkileşen mikrobiyal toplulukların yapısını ve bileşimini etkili bir şekilde şekillendirir (Shah ve Smith, 2020). Bu arada, rizosfer, bitki stres toleransını artırmada önemli bir rol oynayan arbusküler mikorizalar ve azot bağlayıcı rizobakteriler gibi simbiyotik mantarlar ve bakterileri barındırır. Bu mikroorganizmalar, bitki savunma sistemlerini güçlendirir, stresle ilişkili genleri etkinleştirir ve ısı şok proteinleri ile fitohormonların üretimini artırır. Bu mikroorganizmalar arasında, organik madde parçalayıcılar ve bitki besin maddeleri tedarikçileri olarak işlev görenler de bulunmaktadır (Soumare ve ark., 2015).

Bu organizmalar, bitki kökleri tarafından kolayca asimile edilen besin maddelerini serbest bırakarak bitki beslenmesini desteklemede önemli bir rol oynarlar, böylece zorlu koşullar altında bile büyüme ve gelişmelerini kolaylaştırırlar. Topraktaki farklı organizmaların varlığı, böcekler, mantarlar ve nematodlar gibi patojenleri kontrol etmek için bir mekanizma olarak hizmet eder ve bu şekilde bitkilerin sağlığını korur

(Etesami ve Adl, 2020). Örneğin, bazı bakteri türleri zararlı böcekleri tüketme veya mantarlara karşı antagonizma sergileme gibi olağanüstü yeteneklere sahiptir, bu da bitkilerin hastalıklara ve potansiyel olarak zararlı organizmalara karşı doğal bir savunma mekanizması geliştirmesine yardımcı olur (Amer ve ark., 2021). Sonuç olarak, bu mikroorganizmalar sadece ekosistemin genel biyolojik çeşitliliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda bitki bağışıklık sistemlerini ve stres toleransını artırarak olumsuz koşullara dayanmalarını sağlarlar. Ayrıca, bazı mikroorganizmalar stresle karşılaştığında bitki direncini artıran hormonlar üretme yeteneğine sahiptir. Bu hormonlar, bitkileri çeşitli stres faktörlerine karşı daha dirençli hale getirerek koruyucu bir kalkan görevi görür ve böylece toprak yapısını önemli ölçüde iyileştirir (Pandey ve ark., 2023).

Ayrıca, çözücülerin toprak yapısını güçlendirmeye katkıda bulunduğu ve böylece topraktaki su tutma kapasitesini artırdığı bilinmektedir. Bu, bitkilerin kuraklığın zararlı etkilerine karşı direncini artırır ve nihayetinde hayatta kalmasını teşvik eder (Hanaka ve ark., 2021). Dahası, bitkilerin, zararlılar ve doğal düşmanların bir arada bulunduğu dengeli bir ekosistemin varlığı, ekolojik dengeyi korumaya hizmet eder (Angon ve ark., 2023). Bu denge, bitkilerin rekabet avantajı elde etmelerini ve stres faktörlerine doğal olarak uyum sağlamalarını sağlar, böylece olumsuz koşullarla başa çıkma yeteneklerini artırır. Sonuç olarak, topraktaki çeşitli organizmalar, toprak biyolojik çeşitliliğinin artmasına katkıda bulunur, bu da bitki stres toleransını artırır ve çeşitli çevresel stres faktörlerine başarılı bir şekilde uyum sağlamayı kolaylaştırır. Dolayısıyla, bu faktör, sağlıklı bitki büyümesini sağlamak,

verimliliği maksimize etmek ve ekosistemin uzun vadeli sürdürülebilirliğini teşvik etmek için kritik bir belirleyici olarak ortaya çıkar. Konuyla ilgili bazı örnek çalışmalar Tablo 1'de sunulmuştur.

**Çizelge 1.** Farklı stresler altında uygulanan mikroorganizma türleri

Çalışmayı yapan	Yıl	Bitki türü	Stress türü	Kullanılan mikroorganizma
Santhosh ve ark.	2023	Patlıcan	Zararlı	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>
Albastawisi ve Kotan	2023	Pancar	Zararlı	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
Siddiqui ve ark.	2020	Havuç	Zararlı	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium solani</i> ve <i>Alternaria dauci</i>
Liu ve ark.	2023	Domates	Kuraklık	<i>Bacillus pumilus</i>
Li ve ark.	2022	Elma	Kuraklık	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
Sharath ve ark.	2021	Pamuk	Kuraklık	<i>Pseudomonas stutzeri</i> , <i>Acinetobacter sp.</i> , <i>Bacillus mojavensis</i> , <i>Pseudomonas chlororaphis</i> ve <i>Enterobacter asburiae</i>
Shetejiwy ve ark.	2021	Soya	Kuraklık	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> and/or <i>Arbuscular Mycorrhizal Fungi</i>
Zarei ve ark.	2020	Tatlı mısır	Kuraklık	<i>P. fluorescens P1</i> , <i>P. fluorescens P3</i> , <i>P. fluorescens P8</i> , <i>P. fluorescens P14</i>
Singh ve ark.	2020	Pirinç	Kuraklık	<i>Trichoderma</i> , <i>Pseudomonas</i>
Batool ve ark.	2020	Domates	Kuraklık	<i>Bacillus subtilis</i>
Mohamed ve ark.	2024	Arpa	Tuzluluk	<i>Pseudomonas putida</i> ve <i>Bacillus subtilis</i>

Mushtaq ve ark.	2022	Portakal	Tuzluluk	<i>Pseudomonas putida</i>
Qi ve ark.	2021	Salatalık	Tuzluluk	<i>Bacillus licheniformis ve B. subtilis'</i>
Khan ve ark.	2022	Buğday	Tuzluluk	<i>Ensifer adhaerens, Pseudomonas fluorescens, Bacillus megaterium</i>
Arhipova ve ark.	2020	Patates	Tuzluluk	<i>Azospirillum brasilense, Ochrobactrum cytisi</i>
Kapadia ve ark.	2021	Domates	Tuzluluk	<i>Bacillus sp., Delftia sp., Enterobacter sp., Achromobacter sp.</i>

## 7. Doğal Çözümlerle Geleceğe Hazırlanmak

Tarımsal sürdürülebilirlik, çevreye zarar vermeden veya doğal kaynakları tüketmeden uzun vadeli olarak devam edebilecek tarım tekniklerinin uygulanmasını ifade eder ve gelecekteki gıda güvenliğini sağlamak, çevresel dengeyi korumak ve ekonomik ilerlemeyi kolaylaştırmak için son derece önemlidir (Pawlak ve ark., 2020). Bu hedefleri etkili bir şekilde gerçekleştirmek için, yukarıda bahsedilen zorlukları ele almak ve tarım uygulamalarının uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlamak için doğal çözümlerin kullanımı kaçınılmaz hale gelir. Organik gübrelerin kullanımı, biyolojik zararlı kontrol yöntemleri ve ürün rotasyonu gibi doğal çözümlerin tarım sistemlerine entegre edilmesiyle, çiftçiler ve tarımsal paydaşlar gıda güvenliği, çevresel uyum ve ekonomik ilerleme gibi istenilen sonuçlara aktif bir şekilde katkıda bulunabilirler, böylece tarım sektörü için daha sürdürülebilir ve dirençli bir gelecek yaratılabilir.

Doğal çözümler, tarımsal uygulamalarda yer alan doğal süreçleri ve ekosistemleri desteklemek için kullanılan çeşitli yöntemleri ifade eder. Tarımsal ekosistemdeki organizmaların çeşitliliğini artırarak, ekosistemin genel direncini ve dayanıklılığını hastalıklara ve diğer zararlı faktörlere karşı artırmak mümkündür (Bernués ve ark., 2016). Toprak sağlığını korumaya katkıda bulunan bu yaklaşımlardan biri organik tarımdır, ki bu kimyasal gübrelerin ve pestisitlerin kullanımını azaltmayı gerektirir. Kimyasal girdilerin azaltılması sadece toprağı olası zararlardan korumakla kalmaz, aynı zamanda zararlı maddelerin birikimini en aza indirir, böylece genel ekosistemi korur. Ayrıca, su yönetimi ve sulama tekniklerinin sürdürülebilirliği, su kaynaklarının korunması ve israfın önlenmesi açısından hayati öneme sahiptir (Singh, 2021). Verimli ve sürdürülebilir su kullanım yöntemlerini benimseyerek, tarım uygulamaları bu önemli kaynağın uzun ömürlülüğünü ve kullanılabilirliğini sağlayabilir. Ayrıca, doğal zararlı kontrol yöntemlerinin uygulanması, doğal düşmanların kullanılması yoluyla zararlı popülasyonları kontrol etmek suretiyle ekosistemlerin hassas dengesinin korunmasında önemli bir rol oynar (Stankovic ve ark., 2020). Bu yaklaşım, kimyasal uygulamalara ihtiyacı ortadan kaldırarak, potansiyel çevresel etkileri en aza indirir.

Mevcut çözümler arasında, mikroorganizmalar toprak sağlığını genel olarak iyileştirmekte, bitki besin alımını artırmakta ve zararlı organizmalara karşı doğal bir savunma mekanizması olarak görev yapma potansiyeline sahiptirler (Rao ve ark., 2019). Bu mikroorganizmaların gösterdiği etkinlik ve verimlilik, tarımsal ekosistemlerin uzun vadeli sürdürülebilirliğini belirlemede kritik bir rol oynar ve böylelikle

önemlerini vurgular. Bu doğal çözümlerin tarımın geleceği için büyük umut vaat ettiğini kabul etmek önemlidir, çünkü doğada denge içinde mükemmel bir uyum içinde çalışırlar.

Bu doğal çözümlerin kullanımı, tarım sektörünün korunmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda doğal kaynaklarla uyumlu bir ilişki kurar. Biyolojik çeşitliliğin korunmasını savunarak, organik tarım uygulamalarının benimsenmesini teşvik ederek, su kaynakları yönetimini optimize ederek ve toprak sağlığını öncelik vererek, tarım sektörü giderek geleceğe hazır ve dirençli hale gelir. Dahası, doğal çözümlerin uygulanması, tarım sektörünün sürdürülebilirliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda doğal ekosistemlerin korunması yoluyla çevresel dengeyi de korur. Bu yaklaşıma bağlı kalınmasıyla, tarım sektörü gelecekteki zorluklara daha iyi uyum sağlar ve hem doğal hem de insan sağlığını teşvik etmeye devam eder. Bu kapsamlı çerçeve içinde, doğal çözümler tarımsal sürdürülebilirliğin temelini oluşturur ve tarımın doğanın hassas dengesiyle mükemmel bir uyum içinde işlediği bir ortamı teşvik eder, böylece hem gıda güvenliği hem de çevresel sağlık için tarımsal sürdürülebilirliğin temelini oluşturur hem şimdi hem de yakın gelecekte. Sonuç olarak, tarımda doğal çözümlerin kullanımı, tarım uygulamalarının temelini oluşturan doğal süreçleri ve ekosistemleri korumayı ve geliştirmeyi amaçlayan çeşitli yöntemleri içeren çok yönlü bir yaklaşımı temsil eder.

## **Sonuç**

Bu bölümde, tarım alanında doğal çözümler ve mikroorganizmaların öneminin anlaşılmasını sağlar. Tarım sektöründe doğal tekniklerin dahil edilmesi, gelecekteki gıda kaynaklarını güvence altına almak, ekolojik

dengeyi korumak ve ekonomik istikrarı sağlamak açısından hayati bir rol oynar. İlk olarak, çiftçiler arasında farkındalık yaratmak ve doğal çözümleri benimsemelerine destek olmak zorunludur. Önemli önlemler arasında tarım uzmanları, çiftçiler ve yerel topluluklar arasında bilgi alışverişini teşvik eden eğitim girişimleri ve seminerler düzenlemek bulunmaktadır. Ayrıca, yatırımların araştırma ve geliştirme çalışmalarına yönlendirilmesi gerekmektedir. Tarımda mikroorganizmaların etkisinin daha kapsamlı çalışmalarla incelenmesi ve bu bilginin çiftçilere daha etkili yöntemler sunmak için etkili bir şekilde yayılması gerekmektedir.

Sürdürülebilir tarım uygulamalarının yayılmasını teşvik etmek için yerel düzeyde teşvikler oluşturulması önemlidir. Organik tarım, doğal zararlı kontrol teknikleri ve verimli su yönetiminin kullanımını teşvik etmek hayati öneme sahiptir. Bu yaklaşımlar, toprak kalitesinin artmasına, verimliliğin artmasına ve çevresel kaynakların korunmasına katkıda bulunur. Ayrıca, çiftçilere ekonomik ve teknik destek genişletilmelidir. Uygun mali destek ve kaynaklara erişim sağlanarak, tarımsal sürdürülebilirlik güçlendirilebilir ve çiftçilerin doğal yöntemlere geçiş yapması sağlanabilir. Bu önlemlerin uygulanmasıyla, tarım sektörü daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir geleceğe yönlendirilebilir. Bu yaklaşım, ekolojik dengeyi korumanın yanı sıra sektörün gelecekteki zorluklara uyum kapasitesini de artırır.



## Kaynaklar

- Abdelaal, K., AlKahtani, M., Attia, K., Hafez, Y., Király, L., & Künstler, A. (2021). The role of plant growth-promoting bacteria in alleviating the adverse effects of drought on plants. *Biology*, 10(6), 520.
- Abobatta, W. F. (2020). Plant responses vetolerance to combined salt vedrought stress. *Salt veDrought Stress Tolerance in Plants: Signaling Networks veAdaptive Mechanisms*, 17-52.
- Akhtar, S. S., Mekureyaw, M. F., Pandey, C., & Roitsch, T. (2020). Role of cytokinins for interactions of plants with microbial pathogens vepest insects. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1777.
- Akladios, S. A., veMohamed, H. I., (2018). Ameliorative effects of calcium nitrate vehumic acid on the growth, yield component vebiochemical attribute of pepper (*Capsicum annuum*) plants grown under salt stress. *Scientia Horticulturae*, 236, 244-250.
- Albastawisi, E. M., & Kotan, R. (2023). Bacterial biocontrol agents against diseases caused by *Rhizoctonia solani* in sugar beet. *Indian Phytopathology*, 1-7.
- Amer, A., Hamdy, B., Mahmoud, D., Elanany, M., Rady, M., Alahmadi, T., ... & AlAshaal, S. (2021). Antagonistic activity of bacteria isolated from the *Periplaneta americana* L. gut against some multidrug-resistant human pathogens. *Antibiotics*, 10(3), 294.
- Angon, P. B., Mondal, S., Jahan, I., Datto, M., Antu, U. B., Ayshi, F. J., & Islam, M. S. (2023). Integrated Pest Management (IPM) in Agriculture veIts Role in Maintaining Ecological Balance veBiodiversity. *Advances in Agriculture*, 2023.
- Anjum, S. A., Ashraf, U., Tanveer, M., Khan, I., Hussain, S., Shahzad, B., ... & Wang, L. C. (2017). Drought induced changes in growth, osmolyte accumulation veantioxidant metabolism of three maize hybrids. *Frontiers in plant science*, 8, 69.

- Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A., & Hayat, S. (2020). Salinity induced physiological vebiochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. *Plant Physiology veBiochemistry*, 156, 64-77.
- Arhipova, T. N., Evseeva, N. V., Tkachenko, O. V., Burygin, G. L., Vysotskaya, L. B., Akhtyamova, Z. A., & Kudoyarova, G. R. (2020). Rhizobacteria inoculation effects on phytohormone status of potato microclones cultivated in vitro under osmotic stress. *Biomolecules*, 10(9), 1231.
- Arsova, B., Foster, K. J., Shelden, M. C., Bramley, H., & Watt, M. (2020). Dynamics in plant roots veshoots minimize stress, save energy vemaintain water venutrient uptake. *New Phytologist*, 225(3), 1111-1119.
- Bano, S. A., & Iqbal, S. M. (2016). Biological nitrogen fixation to improve plant growth veproductivity. *Int. J. Agric. Innov. Res*, 4, 597-599.
- Batool, T., Ali, S., Seleiman, M. F., Naved, N. H., Ali, A., Ahmed, K., ... & Mubushar, M. (2020). Plant growth promoting rhizobacteria alleviates drought stress in potato in response to suppressive oxidative stress veantioxidant enzymes activities. *Scientific Reports*, 10(1), 16975.
- Bayrakli, B., Özyazici, G., ve Özyazici, M. A., (2017). Samsun ilinden toplanan farklı nodozite bakteri kültürü ile sera ve tarla koşullarında aşılamanın soya fasulyesi (*Glycine max L.*)'nin verimine ve azot kapsamına etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 131-142.
- Begna, T. (2020). Effects of drought stress on crop production veproductivity. *Intl J Res Stud Agric Sci*, 6, 34-43.
- Bernués, A., Tello-García, E., Rodríguez-Ortega, T., Ripoll-Bosch, R., & Casasús, I. (2016). Agricultural practices, ecosystem services vesustainability in High Nature Value farmland: Unraveling the perceptions of farmers venonfarmers. *Lveuse policy*, 59, 130-142.

- Bhatla, S. C., A. Lal, M., Kathpalia, R., & Bhatla, S. C. (2018). Plant mineral nutrition. *Plant physiology, development ve metabolism*, 37-81.
- Bhusal, N.; Lee, M.; Han, R.; Han, A.; Kim, H. (2020). Responses to drought stress in *Prunus sargentii* ve *Larix kaempferi* seedlings using morphological ve physiological parameters. *For. Ecol. Manag.* 465.
- Cumming, J. R., Zawaski, C., Desai, S., & Collart, F. R. (2015). Phosphorus disequilibrium in the tripartite plant-ectomycorrhiza-plant growth promoting rhizobacterial association. *Journal of soil science ve plant nutrition*, 15(2), 464-485.
- Devireddy, A. R., Zandalinas, S. I., Fichman, Y., & Mittler, R. (2021). Integration of reactive oxygen species ve hormone signaling during abiotic stress. *The Plant Journal*, 105(2), 459-476.
- Dubey, A., Saiyam, D., Kumar, A., Hashem, A., Abd\_Allah, E. F., ve Khan, M. L., (2021). Bacterial root endophytes: Characterization of their competence ve plant growth promotion in soybean (*Glycine max (L.) Merr.*) under drought stress. *International Journal of Environmental Research ve Public Health*, 18(3), 931.
- Dubey, R. S., Srivastava, R. K., & Pessarakli, M. (2021). Physiological mechanisms of nitrogen absorption ve assimilation in plants under stressful conditions. In *Handbook of plant ve crop physiology* (pp. 579-616). CRC Press.
- Eddaikra, A., ve Eddaikra, N. (2021). Endogenous enzymatic antioxidant defense ve pathologies. In *Antioxidants-benefits, sources, mechanisms of action*. IntechOpen.
- El Chami, D., Daccache, A., & El Moujabber, M. (2020). How can sustainable agriculture increase climate resilience? A systematic review. *Sustainability*, 12(8), 3119.

- Etesami, H., veAdl, S. M. (2020). Can interaction between silicon venon–rhizobial bacteria help in improving nodulation venitrogen fixation in salinity–stressed legumes? A review. *Rhizosphere*, 15, 100229.
- Fernández-Marín, B., García-Plazaola, J. I., Hernández, A., & Esteban, R. (2018). Plant photosynthetic pigments: methods vetricks for correct quantification veidentification. *Advances in plant ecophysiology techniques*, 29-50.
- Ghosh, D., Gupta, A., veMohapatra, S. (2019). Dynamics of endogenous hormone regulation in plants by phytohormone secreting rhizobacteria under water-stress. *Symbiosis*, 77, 265-278.
- Goddard, M. (2019). Soil Biology veSoil Health Partnership Research Case Study: The role of molecular-based indicators for measuring soil health.
- Gourion, B., Berrabah, F., Ratet, P., veStacey, G. (2015). Rhizobium–legume symbioses: the crucial role of plant immunity. *Trends in plant science*, 20(3), 186-194.
- Gupta, N., Vats, S., veBhargava, P. (2018). Sustainable agriculture: role of metagenomics vemetabolomics in exploring the soil microbiota. *In silico approach for sustainable agriculture*, 183-199.
- Hamid, B., Zaman, M., Farooq, S., Fatima, S., Sayyed, R. Z., Baba, Z. A., ... & Suriani, N. L. (2021). Bacterial plant biostimulants: a sustainable way towards improving growth, productivity, vehealth of crops. *Sustainability*, 13(5), 2856.
- Hanaka, A., Ozimek, E., Reszczyńska, E., Jaroszuk-Ściseł, J., veStolarz, M. (2021). Plant tolerance to drought stress in the presence of supporting bacteria vefungi: An efficient strategy in horticulture. *Horticulturae*, 7(10), 390.
- Harman, G., Khadka, R., Doni, F., veUphoff, N. (2021). Benefits to plant health veproductivity from enhancing plant microbial symbionts. *Frontiers in Plant Science*, 11, 610065.

- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Mahmud, J. A., ... & Fotopoulos, V. (2020). Reactive oxygen species veantioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator. *Antioxidants*, 9(8), 681.
- Hawkins, J. P., veOresnik, I. J. (2022). The rhizobium-legume symbiosis: Co-opting successful stress management. *Frontiers in Plant Science*, 12, 796045.
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., veAhmed, I. (2010). Soil beneficial bacteria vetheir role in plant growth promotion: a review. *Annals of microbiology*, 60, 579-598.
- Hosseini, F.; Mosaddeghi, M.R.; veDexter, A.R. (2017). Effect of the fungus Piriformospora indica on physiological characteristics veroot morphology of wheat under combined drought vemechanical stresses. *Plant Physiol. Biochem.* 118, 107–112.
- Hussain, H. A., Men, S., Hussain, S., Zhang, Q., Ashraf, U., Anjum, S. A., ... veWang, L., (2020). Maize tolerance against drought vechilling stresses varied with root morphology veantioxidative defense system. *Plants*, 9(6), 720.
- Hussain, S., Khalid, M. F., Hussain, M., Ali, M. A., Nawaz, A., Zakir, I., ... & Ahmad, S. (2018). Role of micronutrients in salt stress tolerance to plants. *Plant nutrients veabiotic stress tolerance*, 363-376.
- Jackson, M. C., Pawar, S., & Woodward, G. (2021). The temporal dynamics of multiple stressor effects: from individuals to ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 36(5), 402-410.
- Jia, W., Ma, M., Chen, J., & Wu, S. (2021). Plant morphological, physiological veanatomical adaption to flooding stress vethe underlying molecular mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 1088.
- Johnson, R., Vishwakarma, K., Hossen, M. S., Kumar, V., Shackira, A. M., Puthur, J. T., ... & Hasanuzzaman, M. (2022). Potassium in plants:

- Growth regulation, signaling, veenvironmental stress tolerance. *Plant Physiology veBiochemistry*, 172, 56-69.
- Kapadia, C., Sayyed, R. Z., El Enshasy, H. A., Vaidya, H., Sharma, D., Patel, N., ... & Zuan, A. T. K. (2021). Halotolerant microbial consortia for sustainable mitigation of salinity stress, growth promotion, vemineral uptake in tomato plants vesoil nutrient enrichment. *Sustainability*, 13(15), 8369.
- Kapoor, D., Bhardwaj, S., Landi, M., Sharma, A., Ramakrishnan, M., & Sharma, A. (2020). The impact of drought in plant metabolism: How to exploit tolerance mechanisms to increase crop production. *Applied Sciences*, 10(16), 5692.
- Kapoor, D., Singh, S., Kumar, V., Romero, R., Prasad, R., & Singh, J. (2019). Antioxidant enzymes regulation in plants in reference to reactive oxygen species (ROS) vereactive nitrogen species (RNS). *Plant Gene*, 19, 100182.
- Karaca, P., 2019. Tuz stresi uygulanan domates bitkisinde ekzojen melatoninin bazı fizyolojik parametreler üzerine etkisi (Master's thesis, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Khalid, M. F., Hussain, S., Ahmad, S., Ejaz, S., Zakir, I., Ali, M. A., ... & Anjum, M. A. (2019). Impacts of abiotic stresses on growth vedevlopment of plants. In *Plant tolerance to environmental stress* (pp. 1-8). CRC Press.
- Khan, M. A., Sahile, A. A., Jan, R., Asaf, S., Hamayun, M., Imran, M., ... veLee, I. J., (2021). Halotolerant bacteria mitigate the effects of salinity stress on soybean growth by regulating secondary metabolites vemolecular responses. *BMC Plant Biology*, 21(1), 1-15.
- Khan, M. S. A., Karim, M. A., Haque, M. M., Islam, M. M., Karim, A. J. M. S., veMian, M. A. K., (2016). Influence of Salt veWater Stress on Growth

- veYield of Soybean Genotypes. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 39(2).
- Khan, M. Y., Nadeem, S. M., Sohaib, M., Waqas, M. R., Alotaibi, F., Ali, L., ... & Al-Barakah, F. N. (2022). Potential of plant growth promoting bacterial consortium for improving the growth veyield of wheat under saline conditions. *Frontiers in microbiology*, 13, 958522.
- Khan, N., & Mehmood, A. (2023). Revisiting climate change impacts on plant growth veits mitigation with plant growth promoting rhizobacteria. *South African Journal of Botany*, 160, 586-601.
- Kosakivska, I. V., Vedenicheva, N. P., Babenko, L. M., Voytenko, L. V., Romanenko, K. O., & Vasyuk, V. A. (2022). Exogenous phytohormones in the regulation of growth vedevlopment of cereals under abiotic stresses. *Molecular Biology Reports*, 49(1), 617-628.
- Koshila Ravi, R., Anusuya, S., Balachandar, M., & Muthukumar, T. (2019). Microbial interactions in soil formation venutrient cycling. *Mycorrhizosphere vepedogenesis*, 363-382.
- Kudoyarova, G., Arkhipova, T., Korshunova, T., Bakaeva, M., Loginov, O., & Dodd, I. C. (2019). Phytohormone mediation of interactions between plants venon-symbiotic growth promoting bacteria under edaphic stresses. *Frontiers in plant science*, 10, 1368.
- Kul, R., Ekinci, M., Turan, M., Ors, S., & Yildirim, E. (2020). How abiotic stress conditions affects plant roots. *Plant Roots*, 6-10.
- Kumar, A., & Verma, J. P. (2018). Does plant—microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review. *Microbiological research*, 207, 41-52.
- Kumar, N., Srivastava, P., Vishwakarma, K., Kumar, R., Kuppala, H., Maheshwari, S. K., & Vats, S. (2020). The rhizobium–plant symbiosis: state of the art. *Plant microbe symbiosis*, 1-20.

- Li, B., Zhang, C., Qi, M., Zheng, X., Mustafad, N. S., Ahmed, N., ... & Lixin, Z. (2022). Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on uptake veutilization of phosphorus veroot architecture in apple seedlings under water limited regimes. *International Journal of Applied veExperimental Biology*, 1(1), 1-8.
- Lindström, K., & Mousavi, S. A. (2020). Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. *Microbial biotechnology*, 13(5), 1314-1335.
- Liu, J., Zhang, J., Shi, Q., Liu, X., Yang, Z., Han, P., ... & Liu, F. (2023). The interactive effects of deficit irrigation veBacillus pumilus inoculation on growth vephysiology of tomato plant. *Plants*, 12(3), 670.
- M. Tahat, M., M. Alananbeh, K., A. Othman, Y., & I. Leskovar, D. (2020). Soil health vesustainable agriculture. *Sustainability*, 12(12), 4859.
- Mahmud, K., Makaju, S., Ibrahim, R., & Missaoui, A. (2020). Current progress in nitrogen fixing plants vemicrobiome research. *Plants*, 9(1), 97.
- Maruri-López, I., Aviles-Baltazar, N. Y., Buchala, A., veSerrano, M., 2019. Intra veextracellular journey of the phytohormone salicylic acid. *Frontiers in Plant Science*, 10, 423.
- Meena, M., Swapnil, P., Divyanshu, K., Kumar, S., Harish, Tripathi, Y. N., ... & Upadhyay, R. S. (2020). PGPR-mediated induction of systemic resistance vephysiochemical alterations in plants against the pathogens: Current perspectives. *Journal of Basic Microbiology*, 60(10), 828-861.
- Mishra, B. K., Srivastava, J. P., & Lal, J. P. (2018). Drought resistance in lentil (*Lens culinaris* Medik.) in relation to morphological, physiological parameters vephenological developments. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 7(1), 2288-2304.
- Misra, V.; Solomon, S.; Mall, A.K.; Prajapati, C.P.; Hashem, A.; Abd Allah, E.F.; Ansari, M.I. (2020). Morphological assessment of water stressed sugarcane: A comparison of waterlogged vedrought affected crop. *Saudi J. Biol. Sci.* 27, 1228–1236.



- Mohamed, A. G., Saber, N. E. S., & Rahman, S. A. (2024). Plant growth-promoting bacterial mixture enhanced growth of barley under salt stress. *Pak. J. Bot*, 56, 3.
- Morris, W. F., Ehrlén, J., Dahlgren, J. P., Loomis, A. K., & Louthan, A. M. (2020). Biotic veanthropogenic forces rival climatic/abiotic factors in determining global plant population growth vefitness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(2), 1107-1112.
- Mushtaq, S., Shafiq, M., Haider, M. S., Nayik, G. A., Salmen, S. H., El Enshasy, H. A., ... & Ansari, M. J. (2022). Morphological vephysiological response of sour orange (*Citrus aurantium* L.) seedlings to the inoculation of taxonomically characterized bacterial endophytes. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3232-3243.
- Nannipieri, P. (2020). Soil is still an unknown biological system. *Applied Sciences*, 10(11), 3717.
- Nielsen, U. N., Wall, D. H., & Six, J. (2015). Soil biodiversity vethe environment. *Annual review of environment veresources*, 40, 63-90.
- Nishad, R., Ahmed, T., Rahman, V. J., & Kareem, A. (2020). Modulation of plant defense system in response to microbial interactions. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1298.
- ZHAO, C., WİLLİAM, D., veSANDHU, D., 2021. Isolation vecharacterization of Salt Overly Sensitive family genes in spinach. *Physiologia plantarum*, 171(4), 520-532.
- Onyekachi, O. G., Boniface, O. O., Gemlack, N. F., & Nicholas, N. (2019). The effect of climate change on abiotic plant stress: a review. *Abiotic vebiotic stress in plants*, 17.
- Ozturk, M., Turkyilmaz Unal, B., García-Caparrós, P., Khursheed, A., Gul, A., & Hasanuzzaman, M. (2021). Osmoregulation veits actions during the drought stress in plants. *Physiologia plantarum*, 172(2), 1321-1335.
- Pandey, P., Tripathi, A., Dwivedi, S., Lal, K., & Jhang, T. (2023). Deciphering the mechanisms, hormonal signaling, vepotential applications of

- endophytic microbes to mediate stress tolerance in medicinal plants. *Frontiers in Plant Science*, 14.
- Patmi, Y.S.; Pitoyo, A.; Solichatun; Sutarno. Effect of drought stress on morphological, anatomical, vephiological characteristics of Cempo Ireng Cultivar Mutant Rice (*Oryza sativa* L.) strain 51 irradiated by gamma-ray. *J. Phys. Conf. Ser.* 2020, 1436, 012015.
- Pawlak, K., & Kołodziejczak, M. (2020). The role of agriculture in ensuring food security in developing countries: Considerations in the context of the problem of sustainable food production. *Sustainability*, 12(13), 5488.
- Qi, R., Lin, W., Gong, K., Han, Z., Ma, H., Zhang, M., ... & Zhang, X. (2021). *Bacillus* co-inoculation alleviated salt stress in seedlings cucumber. *Agronomy*, 11(5), 966.
- Rahman, M. M., Mostofa, M. G., Keya, S. S., Siddiqui, M. N., Ansary, M. M. U., Das, A. K., ... & Tran, L. S. P. (2021). Adaptive mechanisms of halophytes vetheir potential in improving salinity tolerance in plants. *International journal of molecular sciences*, 22(19), 10733.
- Rajput, V. D., Harish, Singh, R. K., Verma, K. K., Sharma, L., Quiroz-Figueroa, F. R., ... & Mandzhieva, S. (2021). Recent developments in enzymatic antioxidant defence mechanism in plants with special reference to abiotic stress. *Biology*, 10(4), 267.
- Rao, D. L. N., Aparna, K., & Mohanty, S. R. (2019). Microbiology vebiochemistry of soil organic matter, carbon sequestration vesoil health. *Indian Journal of Fertilisers*, 15(2), 124-138.
- Reddy, M. M., & Ulaganathan, K. (2015). Nitrogen nutrition, its regulation vebiotechnological approaches to improve crop productivity. *American Journal of Plant Sciences*, 6(18), 2745.
- Rialch, I., Singh, S., Singh, R., & Kumar, A. (2019). Plant vemicrobial genomics in crop improvement. *Microbial Genomics in Sustainable Agroecosystems: Volume 2*, 215-230.

- Rodríguez Coca, L. I., García González, M. T., Gil Unday, Z., Jiménez Hernández, J., Rodríguez Jáuregui, M. M., & Fernández Cancio, Y. (2023). Effects of Sodium Salinity on Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivation: A Review. *Sustainability*, *15*(3), 1804.
- Sachdev, S., Ansari, S. A., Ansari, M. I., Fujita, M., & Hasanuzzaman, M. (2021). Abiotic stress vereactive oxygen species: Generation, signaling, vedefense mechanisms. *Antioxidants*, *10*(2), 277.
- Santhosh, C. R., Mahadevakumar, S., Nuthan, B. R., Chandranayak, S., Satish, S., Santhosh, C. R., ... & Chandranayak, S. (2023). Eggplant (*Solanum melongena* L.) associated endophytic bacteria promote plant growth vecounter soil-borne plant pathogenic fungi.
- Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., ... & Battaglia, M. L. (2021). Drought stress impacts on plants vedifferent approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, *10*(2), 259.
- Shah, A., & Smith, D. L. (2020). Flavonoids in agriculture: Chemistry veroles in, biotic veabiotic stress responses, vemicrobial associations. *Agronomy*, *10*(8), 1209.
- Shahzad, A., Ullah, S., Dar, A. A., Sardar, M. F., Mehmood, T., Tufail, M. A., ... & Haris, M. (2021). Nexus on climate change: Agriculture vepossible solution to cope future climate change stresses. *Environmental Science vePollution Research*, *28*, 14211-14232.
- Sharath, S., Triveni, S., Nagaraju, Y., Latha, P. C., & Vidyasagar, B. (2021). The role of phyllosphere bacteria in improving cotton growth veyield under drought conditions. *Frontiers in Agronomy*, *3*, 680466.
- Sheteiwiy, M. S., Abd Elgawad, H., Xiong, Y. C., Macovei, A., Brestic, M., Skalicky, M., ... & El-Sawah, A. M. (2021). Inoculation with *Bacillus amyloliquefaciens* vemycorrhiza confers tolerance to drought stress veimprove seed yield vequality of soybean plant. *Physiologia Plantarum*, *172*(4), 2153-2169.

- Siddiqui, Z. A., Hashmi, A., Khan, M. R., & Parveen, A. (2020). Management of bacteria *Pectobacterium carotovorum*, *Xanthomonas campestris* pv. *carotae*, ve fungi *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani* ve *Alternaria dauci* with silicon dioxide nanoparticles on carrot. *International Journal of Vegetable Science*, 26(6), 547-557.
- Singh, M. (2021). Organic farming for sustainable agriculture. *Indian Journal of Organic Farming*, 1(1), 1-8.
- Singh, D. P., Singh, V., Gupta, V. K., Shukla, R., Prabha, R., Sarma, B. K., & Patel, J. S. (2020). Microbial inoculation in rice regulates antioxidative reactions and defense related genes to mitigate drought stress. *Scientific reports*, 10(1), 4818.
- Soumare, A., Diop, T., Manga, A., & Ndoye, I. (2015). Role of arbuscular mycorrhizal fungi ve nitrogen fixing bacteria on legume growth under various environmental stresses. *Int. J. Biosci*, 7(4), 31-46.
- Stankovic, S., Kostic, M., Kostic, I., & Krnjajic, S. (2020). Practical approaches to pest control: The use of natural compounds. In *Pests, Weeds ve Diseases in Agricultural Crop ve Animal Husbandry Production*. London, UK: IntechOpen.
- Stirling, G., Hayden, H., Pattison, T., & Stirling, M. (2016). *Soil health, soil biology, soilborne diseases ve sustainable agriculture: A Guide*. Csiro Publishing.
- Suzaki, T., Yoro, E., & Kawaguchi, M. (2015). Leguminous plants: inventors of root nodules to accommodate symbiotic bacteria. *International review of cell ve molecular biology*, 316, 111-158.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Plant Physiology ve Development*; Sinauer Associates: Sunderland, MA, USA, 2015.
- Tarafdar, J. C. (2022). Role of soil biology on soil health for sustainable agricultural production. In *Structure ve Functions of Pedosphere* (pp. 67-81). Singapore: Springer Nature Singapore.

- Ullah, A., Bano, A., & Khan, N. (2021). Climate change vesalinity effects on crops vechemical communication between plants veplant growth-promoting microorganisms under stress. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 618092.
- Vaghela, N., & Gohel, S. (2023). Medicinal plant-associated rhizobacteria enhance the production of pharmaceutically important bioactive compounds under abiotic stress conditions. *Journal of Basic Microbiology*, 63(3-4), 308-325.
- Vanlerberghe, G. C., Dahal, K., Alber, N. A., & Chadee, A. (2020). Photosynthesis, respiration vegrowth: A carbon veenergy balancing act for alternative oxidase. *Mitochondrion*, 52, 197-211.
- Vurukonda, S. S. K. P., Vardharajula, S., Shrivastava, M., & SkZ, A. (2016). Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological research*, 184, 13-24.
- Wahab, A., Muhammad, M., Munir, A., Abdi, G., Zaman, W., Ayaz, A., ... & Reddy, S. P. P. (2023). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in regulating growth, enhancing productivity, vepotentially influencing ecosystems under abiotic vebiotic stresses. *Plants*, 12(17), 3102.
- Wang, Y., Mostafa, S., Zeng, W., & Jin, B. (2021). Function vemechanism of jasmonic acid in plant responses to abiotic vebiotic stresses. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(16), 8568.
- Williams, A., van der Bom, F., & Young, A. J. (2020). Resilient vedynamic soil biology. *No-till farming systems for sustainable agriculture: challenges veopportunities*, 251-266.
- Xie, X., He, Z., Chen, N., Tang, Z., Wang, Q., & Cai, Y. (2019). The roles of environmental factors in regulation of oxidative stress in plant. *BioMed research international*, 2019.
- Yang, Y. X., J Ahammed, G., Wu, C., Fan, S. Y., & Zhou, Y. H. (2015). Crosstalk among jasmonate, salicylate veethylene signaling pathways in

- plant disease veimmune responses. *Current Protein vePeptide Science*, 16(5), 450-461.
- Yavaş, İ., Çinar, V. M., veAydın, Ü., (2020). Bitkilerde abiyotik stres koşullarında selenyum metabolizması ve fizyolojik etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 840-849.
- Zarei, T., Moradi, A., Kazemeini, S. A., Akhgar, A., & Rahi, A. A. (2020). The role of ACC deaminase producing bacteria in improving sweet corn (*Zea mays L. var saccharata*) productivity under limited availability of irrigation water. *Scientific reports*, 10(1), 20361.
- Zhang, J., Wang, X., Vikash, V., Ye, Q., Wu, D., Liu, Y., veDong, W., 2016. ROS veROS-mediated cellular signaling. *Oxidative medicine vecellular longevity*.



## BÖLÜM 5

### TÜRKİYE’NİN YAĞLI TOHUM VE BİTKİSEL YAĞ ÜRETİMİ VE TİCARETİNDEKİ GELİŞMELER

Prof. Dr. Mehmet Demir KAYA<sup>1</sup>

Zir. Yük. Müh. Pınar HARMANCI<sup>2</sup>

Zir. Müh. Elif YAMAN<sup>3</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10890200>

---

<sup>1</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir, Türkiye demirkaya76@hotmail.com ORCID ID 0000-0002-4681-2464

<sup>2</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir, Türkiye p.hrmnc@gmail.com ORCID ID 0000-0003-4193-0450

<sup>3</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir, Türkiye elf.ymn.98@gmail.com ORCID ID 0009-0000-7929-6008





## GİRİŞ

Hızla artan nüfusumuza bağlı olarak artan gıda ihtiyacının karşılanması yanında insanların gelir seviyesindeki artış bitkisel ürünlere olan talebi artırmaktadır. 1990 yılında 56 milyon olan nüfusumuz, 2000 yılında 68 milyon ve 2021 yılında 84,5 milyon kişiye ulaşmıştır. Gıda talebindeki artışa rağmen tarım alanlarının farklı amaçlarla değerlendirilmesi sonucunda üretim alanlarımız azalmıştır. 2004 yılında 26,6 milyon ha olan tarım alanlarımız 2022 yılında 23,9 milyon ha'ya kadar gerilemiştir (Anonim 2024a). Yani, son yirmi yılda 2,7 milyon ha tarım alanı, farklı amaçlarla kullanılmak üzere kaybedilmiştir. Bu durum öncelikle mevcut tarım alanlarını koruyarak bu alanların daha verimli bir şekilde kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Üç temel besin maddesinden birisi olan yağlar, insanların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için mutlak alınması gereklidir. Hayvansal kaynaklı yağlarla karşılaştırıldığında, bitkisel yağlar kolesterol içermemeleri ve doymuş yağ oranlarının düşük olması nedeniyle sağlıklı yağlar olarak nitelendirilmektedir. Yağlar, metabolizma için önemli bir enerji kaynağıdır. Ayrıca, A, D, E ve K gibi vitaminlerini içermeleri, vücut tarafından sentezlenemeyen temel yağ asitlerinin ve antioksidan bileşiklerin kaynağı olmaları nedeniyle yağlar beslenmede önemli bir yere sahiptir. Ayrıca, insan vücudu tarafından sentezlenmediğinden dışarıdan alınması zorunludur. Yiyeceklerin tat ve lezzetini artırdıkları, kendine has koku ve aroma verdikleri ve pişirme sırasında ısı iletimini sağladıkları için çeşitli gıdaların hazırlanmasında kullanılmaktadır (Haqve vd. 2016). Gıda olarak kullanımlarının yanı

sıra, enerji, sağlık ve kozmetik, boya, sabun, plastik gibi ürünlerin yapımında da bitkisel yağlar kullanılmaktadır (Ayaz 2008).

Yenilenebilir enerji olan biyodizelin kaynağını da yağlı tohumlu bitkiler oluşturmaktadır. Uygun ekonomik koşullar altında bitkisel yağlar zeolit katalizörlerle benzine ve diğer yüksek kaliteli yakıtlara da dönüştürülebilmektedir (Weisz vd. 1979). Biyodizelin çevre dostu bir yakıt olması ve petrol rezervlerine sahip olmayan ülkeler için yakıt kaynağı olması bakımından önemlerini daha da artırmaktadır. Bu nedenle, yağlı tohumların gelecekte de önemli bir enerji kaynağı olacağı açıkça görülmektedir (Alptekin ve Çanakçı 2006, Arıoğlu vd. 2020).

Yağlı tohumlu bitkiler, hayvan yemi olarak da önemli bir kullanım alanı bulunmaktadır. Genellikle fullfed olarak doğrudan kullanılabilirdikleri gibi yağ alındıktan sonra arta kalan küspesi ve yağın kendisi enerji kaynağı olarak rasyonlara katılmalarından dolayı, yem sektörünün en önemli hammaddesidir (İlkdoğan 2008). Dünya genelinde, toplam 1,1 milyar ton yapılan karma yem üretiminde yaklaşık 300 milyon ton yağlı tohum küspesi kullanılması yem sektörüne yağlı tohumlu bitkilerin katkısını ortaya koymaktadır (Karakuş 2014).

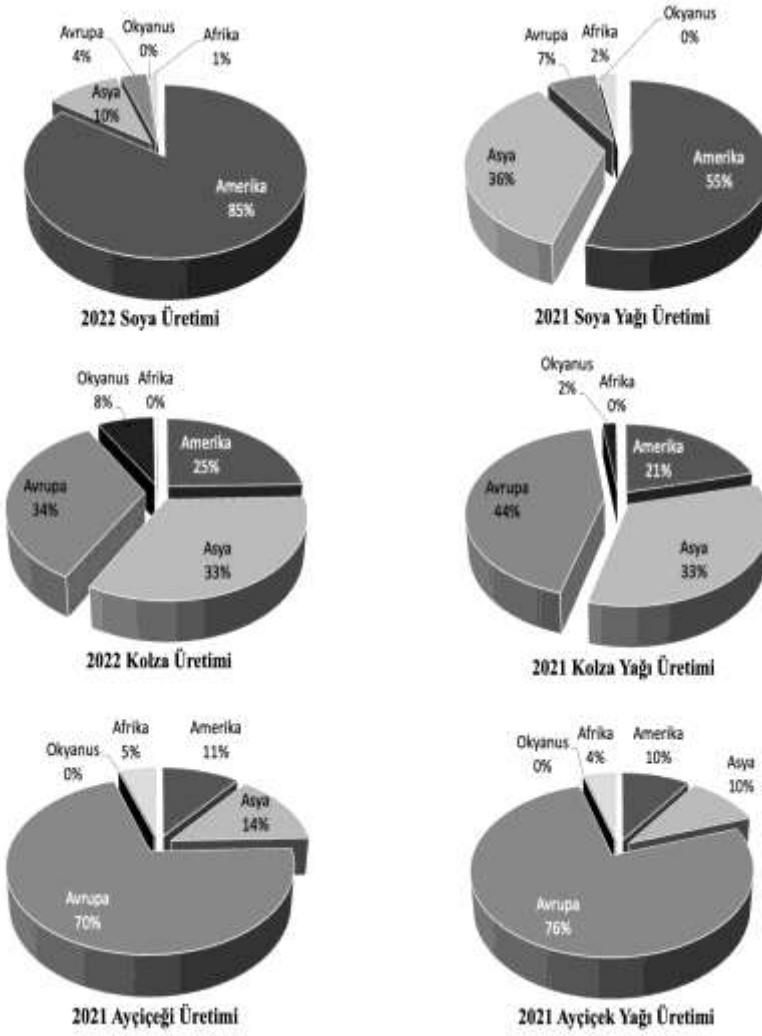
Yağ bitkilerinden soya ve yarfıstığı, baklagiller familyasından oldukları için köklerinde simbiyotik olarak yaşayan *Rhizobium* bakterileri vasıtasıyla havada serbest halde bulunan azotu toprağa bağlamaktadır. Dolayısıyla kendi gereksinimleri olan azotu karşılarken, ekim nöbetinde kendisinden sonra gelecek bitkilere de azot bakımından zengin ve organik maddesi yüksek bitki kısımlarını toprağa bırakmaktadırlar (Arıoğlu 2014). Bu nedenle yağlı tohumlu bitkiler tarımsal açıdan ekim nöbetinde ayrı bir yere sahiptir.

Farklı açılardan önemleri ortaya konulan yağlı tohumlu bitkilerin dünyada ve Türkiye'deki durumu ve bitkisel yağ üretimleri ile bunların ticaretindeki değişimler ayrıntılı olarak incelenmiştir.

## **1. YAĞLI TOHURLU BİTKİLERİN DÜNYADAKİ DURUMU**

Dünyada bitkisel yağ sanayiinde en fazla kullanılan yağlı tohumlu bitkiler soya, kolza, ayçiçeği, pamuk (çiğit), yarfıstığı, susam, aspir, haşhaş, keten, jojoba, hintyağı, zeytin, palm ve hindistan cevizidir. Bu bitkilerin ekolojik istedikleri çok farklı olduğundan dünyadaki üretimi kıtalara göre önemli farklılık göstermektedir. Örneğin, soya üretiminin %85'i Amerika kıtasında gerçekleşirken, ayçiçeği üretiminin %70 Avrupa kıtasındaki ülkelerde yapılmaktadır. Kolza üretimi ise Avrupa, Asya ve Amerika kıtalarına yayılmış durumdadır (Şekil 1).

Yağlı tohum ekiminde ilk sırada yer alan soya, 348,8 milyon tonluk üretimi bulunmaktadır (Tablo 1). Bunu 87,2 milyon ton ile çiğit, 69,0 milyon tonla kolza, 54,3 milyon tonla ayçiçeği izlemiştir (Tablo 1, 2). Soya ekim alanı son 5 yılda yaklaşık 10 milyon hektar artış göstermiştir. Bu artışa bağlı olarak üretimi ve elde edilen yağ miktarları da artmıştır. Benzer şekilde kolza ekim alanı yaklaşık 3 milyon ha, ayçiçeği ekim alanı 2,5 milyon ha ve susam ekim alanı ise 1,1 milyon ha artmıştır. Üretim miktarında ise soyada 4 milyon ton, kolzada 6 milyon ton, ayçiçeğinde 2,5 milyon ton bir artış yaşanmıştır. Verim bakımından son 5 yıllık dönemde dikkati çeken bir değişim görülmemiştir.



**Şekil 1:** Dünyada soya, kolza ve ayçiçeği tohum ve yağ üretiminin kıtalara göre dağılımı (Kaynak: Anonim 2024b)

**Tablo 1:** Dünyada yağ bitkilerinin ekim alanı, üretim ve verim değerleri

Yıl	Soya	Kolza	Yerfıstığı	Ayçiçeği	Susam	Aspir	Haşhaş	Toplam
Ekim Alanı (bin ha)								
2018	124.064	37.001	833	26.797	11.736	654	46	234.010
2019	121.275	34.290	888	27.333	12.970	648	56	231.613
2020	127.057	34.819	897	29.710	14.154	786	36	239.678
2021	129.523	36.773	908	29.531	12.507	850	43	243.011
2022	133.791	39.965	932	29.257	12.836	1.200	27	249.434
Üretim (bin ton)								
2018	344.759	75.564	968	51.912	5.899	608	29	551.661
2019	335.899	71.827	986	56.026	6.580	585	29	555.794
2020	355.370	72.327	1.021	50.488	6.833	658	23	558.248
2021	371.693	71.333	1.032	58.185	6.354	631	23	582.987
2022	348.856	87.221	1.051	54.285	6.741	995	14	568.831
Verim (kg/da)								
2018	277	204	116	193	50	92	64	-
2019	276	209	111	204	50	90	53	-
2020	279	207	113	182	48	83	63	-
2021	286	193	113	197	50	74	54	-
2022	260	218	112	185	52	82	53	-

**Kaynak:** Anonim (2024b)

Bu bitkilerin yanında zeytin, mısır, pamuk ve palm önemli yağ elde edilen bitkiler arasında yer almaktadır ve bu bitkilerin durumları Tablo 2’de verilmiştir. 2018-2022 yılları arasında mısır ekim alanları 8 milyon ha, palm dikim alanları 2,2 milyon ha artarken, zeytin alanlarında önemli bir değişiklik olmamıştır. Üretimde ise mısırdaki 39 milyon ton, palm üretiminde yaklaşık 12 milyon ton artış gerçekleşirken, zeytinde 3 milyon ton gibi bir geri çekilme yaşanmıştır. Yağ elde edilen bitkilerin verimlilikleri incelendiğinde, palm bitkisinin yaklaşık 1,5 tonluk verimi diğer bitkilerin oldukça üzerinde olduğu ve bu nedenle ekim alanı az olsa da üretim miktarını artırmaktadır. Bu durum palm yağı üretimini ilk sıraya taşımaktadır (Tablo 3).

Son 20 yıllık dönemde (2000-2021) soya, kolza ve ayçiçeği ekim alanı, üretim miktarı ve yağ üretimlerinin 2000-2021 yılındaki trendi incelendiğinde, bu üç bitkinin ekim alanlarının sürekli olarak arttığı görülmektedir (Şekil 2). Ekim alanındaki artışa bağlı olarak üretimleri de artmıştır. Dolayısıyla soya, kolza ve ayçiçek yağı üretimlerinde de

benzer artışlar yaşanmıştır. Diğer yağ bitkileri ile birlikte değerlendirildiğinde, dünyada toplam yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanları, üretim miktarlarındaki artışla birlikte toplam bitkisel yağ üretimi de artmıştır (Şekil 3).

**Tablo 2:** Dünyada yağ elde edilen önemli bazı bitkilerin ekim alanı, üretim ve verim değerleri

Yıl	Mısır	Palm	Pamuk	Keten	Zeytin	Toplam
Ekim alanı (bin ha)						
2018	195.423	27.808	32.879	3.149	11.384	238.967
2019	194.555	28.205	34.153	3.207	10.356	237.461
2020	199.994	28.590	32.219	3.527	12.084	245.615
2021	205.870	29.615	32.876	4.142	10.328	251.251
2022	203.470	30.016	31.426	4.533	10.948	250.181
Üretim (bin ton)						
2018	1.124.172	412.854	71.922	2.994	24.554	1.566.359
2019	1.137.617	416.112	83.862	3.059	21.582	1.579.784
2020	1.162.997	416.154	71.528	3.371	23.846	1.608.419
2021	1.210.235	415.581	73.736	3.339	23.499	1.654.515
2022	1.163.497	424.587	69.668	3.973	21.449	1.615.335
Verim (kg/da)						
2018	575	1.484	218	95	215	-
2019	584	1.475	245	95	208	-
2020	581	1.455	222	95	197	-
2021	587	1.403	224	80	227	-
2022	571	1.414	221	87	195	-

**Kaynak:** Anonim (2024b)

Bu dönem içerisinde, pamuk yağı üretiminde önemli bir değişim yaşanmamış ve yatay seyretmiştir (Şekil 4). Zeytinyağı üretimi ise yıllara göre önemli dalgalanma göstermiş ancak 2000 yılına göre üretimde 500 bin ton artış yaşanmıştır. Yağ üretiminde en fazla artış palm yağında gerçekleşmiştir. Bu artışta özellikle ekim alanlarının hızlı artışına bağlı olarak üretim miktarının artması etkili olmuştur.

Tablo 3'te görüldüğü gibi, 2018 yılında toplam dünya bitkisel yağ üretimi 199,5 milyon ton iken, 2021 yılında 213,6 milyon tona yükselmiştir. Bu artışta en önemli payı palm yağı 8,4 milyon ton ile

alırken, 4,3 milyon ton ile soya, 2,2 milyon ton ile kolza yağı almıştır. Bu artış ekim alanındaki artışa bağlı olarak üretimde gerçekleşen artıştan kaynaklandığı söylenebilir. Pamuk, keten ve susam yağı üretimlerinde bir değişim belirlenmemiş ve stabil kalmıştır. Aspir, mısır ve zeytinyağı yıllara göre azalırken, diğer bitkilerden yağ üretimi yıldan yıla artış göstermiştir.

**Tablo 3:** Dünyada önemli bitkisel yağların üretim değerleri (milyon ton)

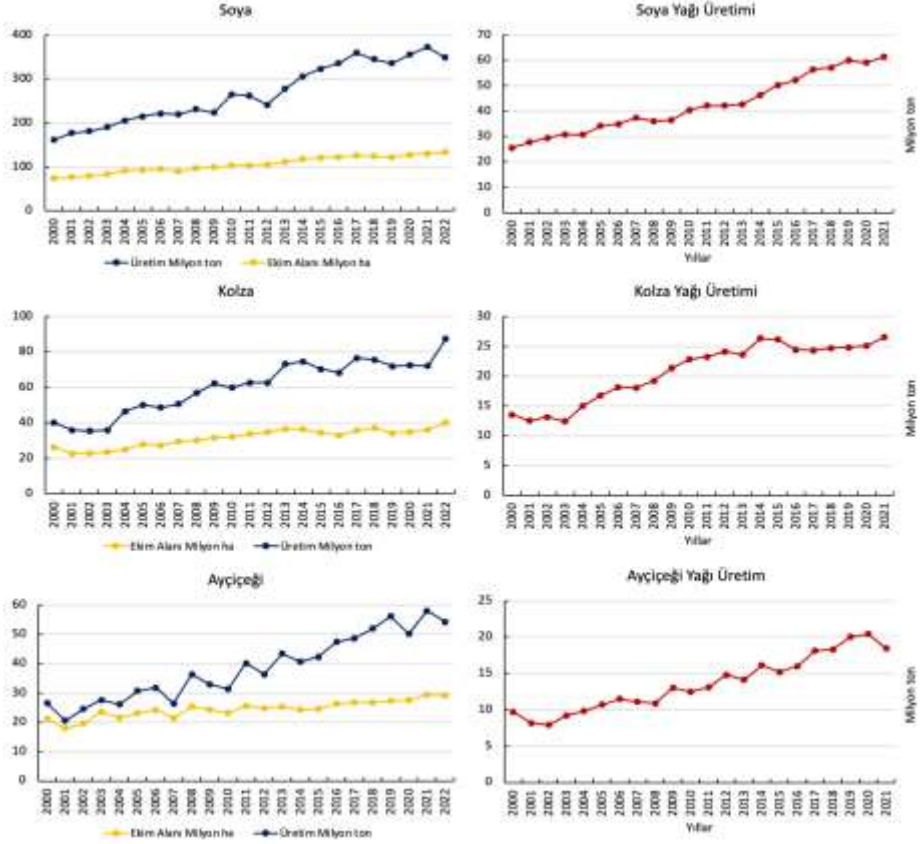
Yağlar	2018	2019	2020	2021
Palm yağı	80.0	87.2	83.9	88.4
Soya yağı	57.2	60.0	59.1	61.5
Kolza yağı	24.7	24.8	25.2	26.5
Ayçiçek yağı	18.3	20.1	20.4	18.4
Yerfıstığı yağı	4.5	4.1	4.5	4.7
Pamuk yağı	4.3	4.3	4.2	4.3
Zeytin yağı	3.6	3.1	3.4	3.3
Mısır yağı	3.3	2.7	2.8	2.9
Hintyağı	1.7	1.4	2.1	1.9
Susam yağı	1.1	1.0	1.0	1.0
Keten yağı	0.7	0.7	0.7	0.7
Aspir yağı	0.1	0.07	0.07	0.06
<b>TOPLAM</b>	<b>199.5</b>	<b>209.5</b>	<b>207.4</b>	<b>213.6</b>

**Kaynak:** Anonim (2024b)

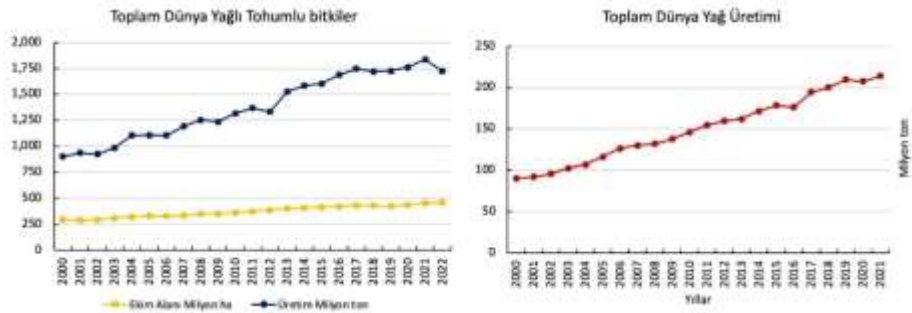
Dünyada toplam bitkisel yağ üretiminin %91,2'sini palm, soya, kolza, ayçiçeği ve pamuktan elde edilmiştir. En fazla yağ üretimi 88,4 milyon ton ve %41,4 pay ile palm yağı olmuştur. Bunu sırasıyla soya yağı 61,5 milyon ton, kolza yağı 26,5 milyon ton ve ayçiçek yağı 18,4 milyon ton ile izlemiştir. Ekim alanı ve üretimde ilk sırada soya yer almasına rağmen yağ üretiminde ikinci sırada olmasının en önemli nedeni soyanın çok fazla kullanım alanının bulunması ve tohumdaki yağ oranının diğer bitkilere kıyasla daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak, ayçiçeği yağlı tohumlu bitkiler arasında üretim bakımından dünyada 5.



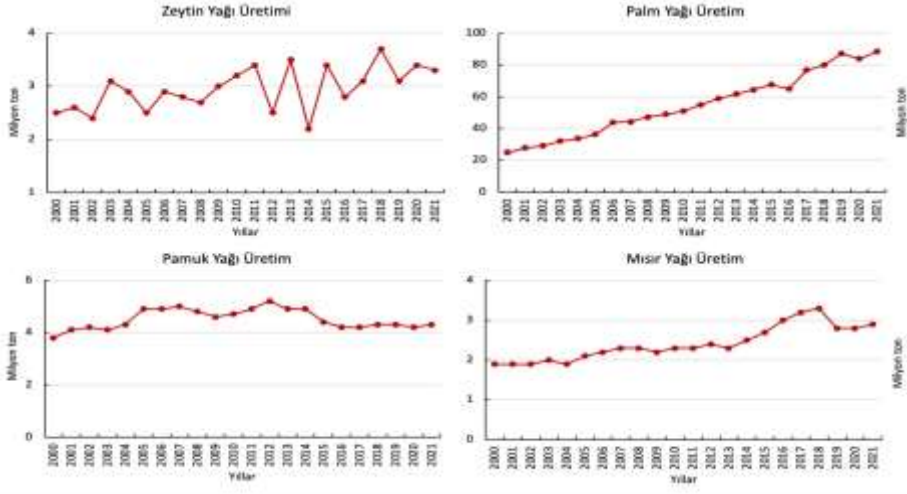
sırada yer alırken, tohumlarındaki yağ oranının (%40-50) yüksek olması nedeniyle yağ üretiminde 4. sırada yer almaktadır.



**Şekil 2:** Dünyada soya, kolza ve ayçiçeği ekim alanı, üretimi ve yağ üretiminin 2000-2022 yılları arasındaki değişimi (Anonim, 2024b)



**Şekil 3:** Dünya yağ bitkilerinin toplam ekim alanı, üretimi ve yağ üretiminin 2000-2022 yılları arasındaki değişimi (Anonim 2024b)



**Şekil 4:** Dünyada palm, pamuk, mısır ve zeytinyağının 2000-2021 yılları arasındaki değişimi (Anonim, 2024b)

## 2. DÜNYADA YAĞLI TOHUM VE BİTKİSEL YAĞLARIN TİCARETİ

Dünyada soya fasulyesi üretiminin en fazla yapıldığı beş ülkenin Brezilya, ABD, Arjantin, Çin ve Hindistan olduğu görülmektedir (Tablo 4). En fazla üretim yapan ülkelerden birisi olan Çin aynı zamanda en fazla soya ithalatı yapan ülke konumundadır. Kolza üretiminde, Kanada, Çin ve Hindistan önemli üretici ülkeler iken, Almanya, Belçika ve Japonya başlıca ithalatçı ülkelerdir. Rusya, Ukrayna ve Arjantin ise en fazla ayçiçeği üretirken, bu ülkeler ile birlikte Bulgaristan ayçiçeği ihracatçısı yapan ülkelerdir. Üretimi her yıl artan palm ise Endonezya, Malezya ve Tayland gibi tropik iklim kuşağında yer alan ülkelerde yoğunlaşmıştır. Genellikle bir bitki türünde üretimi fazla olan ülkelerin aynı zamanda ihracatçı ülkeler olduğu görülmektedir. İthalatçı ülkeler arasında Çin'in birçok yağlı tohumda, Türkiye ise ayçiçeği, aspir, mısır ve susam ithalatı yapmaktadır.

**Tablo 4:** Bazı yağlı tohumlu bitkilerin 2022 yılında üreten ülkeler, üretim miktarları, ithalatçı ve ihracatçı ülkeler

Ürünler	Ülkeler	Üretim (bin ton)	İthalatçı Ülkeler	İhracatçı Ülkeler
Soya	Brezilya	120.701	Çin	Brezilya
	ABD	116.377	Hollanda	ABD
	Arjantin	43.861	Meksika	Arjantin
	Çin	20.280	Japonya	Kanada
	Hindistan	12.986	Almanya	Uruguay
Kolza	Kanada	18.694	Almanya	Kanada
	Çin	15.531	Belçika	Avustralya
	Hindistan	11.963	Japonya	Ukrayna
	Avustralya	6.820	Çin	Belçika
	Fransa	4.516	Hollanda	Hollanda
Ayçiçeği	Rusya	16.362	Bulgaristan	Ukrayna
	Ukrayna	11.328	Türkiye	Romanya
	Arjantin	4.050	Macaristan	Bulgaristan
	Çin	2.930	Romanya	Fransa
	Türkiye	2.550	Hollanda	Çin
Yerfıstığı	Çin	18.329	Çin	Arjantin
	Hindistan	10.134	Hollanda	Hindistan
	Nijerya	4.284	Endonezya	Sudan
	ABD	2.525	Vietnam	Brezilya
	Sudan	2.500	Rusya	ABD
Palm (2021)	Endonezya	10.520	Kosta Rika	Tayland
	Malezya	4.417	Malezya	Solomon Adaları
	Tayland	672	Tayland	Nikaragua
	Nijerya	355	Nijerya	Endonezya
	Kolombiya	313	Çin	Myanmar
Aspir	Kazakistan	447	Türkiye	Rusya
	Rusya	223	Çin	Kazakistan
	ABD	74	ABD	Türkiye
	Meksika	69	Belçika	Hollanda
	Hindistan	61	Özbekistan	Hindistan
Pamuk (2021)	Hindistan	11.200	Çin	Avustralya
	Çin	9.600	Kore	Yunanistan
	ABD	4.828	Mali	ABD
	Brezilya	3.439	İtalya	Benin
	Pakistan	2.679	Suudi Arabistan	Azerbaycan
Mısır	ABD	348.750	Türkiye	Fransa
	Çin	277.203	İtalya	Avusturya
	Brezilya	109.420	Belçika	Macaristan
	Arjantin	59.037	ABD	Bulgaristan
	Hindistan	33.729	Almanya	Rusya
Susam	Sudan	1.231	Çin	Sudan
	Hindistan	788	Türkiye	Nijerya
	Myanmar	760	Japonya	Hindistan
	ABD	700	Kore	Tanzanya
	Nijerya	450	İsrail	Etiyopya

Kaynak: Anonim (2024b)

**Tablo 5:** Dünyada üretilen bazı yağlı tohumlu bitkilerin ithalat ve ihracat miktarları

	2018	2019	2020	2021	2022
<b>İthalat (bin ton)</b>					
Soya	153.275	152.858	167.560	163.360	153.414
Kolza	23.975	22.223	25.338	23.550	22.655
Ayçiçeği	6.029	7.172	7.026	5.318	8.133
Yerfıstığı	2.268	2.684	3.053	3.038	3.057
Susam	2.103	2.183	2.518	2.464	2.265
Keten	1.741	1.823	1.672	1.705	1.920
Çiğit	1.077	897	1.013	1.024	1.398
Mısır	367	368	369	413	417
Aspir	142	111	128	129	206
Palm	193	177	172	150	136
Haşhaş	87	85	78	69	96
Hintyağı	8	22	18	28	19
<b>İhracat (bin ton)</b>					
Soya	152.563	156.000	173.353	161.212	157.644
Kolza	23.148	20.971	25.081	23.045	22.591
Ayçiçeği	5.939	7.260	6.947	5.061	8.305
Yerfıstığı	1.927	2.511	3.125	3.072	3.064
Susam	1.710	1.989	2.353	2.113	1.962
Keten	1.751	1.906	1.825	1.788	1.897
Çiğit	1.041	1.092	1.093	1.137	1.427
Mısır	326	327	376	395	392
Aspir	131	105	147	141	198
Palm	170	141	165	125	91
Haşhaş	92	91	75	74	97
Hintyağı	4	10	14	22	16

Kaynak: Anonim (2024b)

Gıda, yem ve yenilenebilir enerji kaynağı olan yağlı tohumlu bitkilerin dünya ticaretinde de önemli bir yeri bulunmaktadır. Ancak, farklı ekolojik istekleri nedeniyle üretimin yapılamadığı ülkelere veya yeterli üretimin yapılamadığı ülkelerin ithal ettiği görülmektedir. Yağlı tohumlu bitkilerin ithalat-ihracat durumları Tablo 5’de verilmiştir. Bitki bazında incelendiğinde, son beş yıllık dönemde çok büyük değişimler olmamıştır.

Dünyada en fazla ekim alanı ve üretime sahip yağlı tohum olan soyanın ithalat ve ihracatı da fazladır. 2018-2022 yılları arasında soya ve kolzanın ithalat miktarları yıllara göre değişkenlik gösterse de ayçiçeği ve yerfıstığı ithalatı %35, çiğit ithalatı %30 oranında artmıştır. Aynı dönem içerisinde ihracat değerleri incelendiğinde, soyanın ihracatı 4 bin ton artmış, diğer bitkilerde önemli bir artış veya azalış olmamıştır.

### 3. YAĞLI TOHURLU BİTKİLERİN TÜRKİYE'DEKİ DURUMU

Bitkisel yağlar, yemeklere lezzet ve tat vermesi ve tokluk hissi oluşturmamasından dolayı insan yaşamında önemli bir rol oynamaktadır (Kolsarıcı vd. 2015). Yaşamsal faaliyetlerin devamı için ihtiyaç duyulan enerjinin karşılanmasında bitkisel yağların rolü büyüktür. Yetişkin bir insanın günlük aktivitelerini gerçekleştirmesi için 2500-3000 kaloriye ihtiyacı vardır. Bunun  $\frac{1}{3}$ 'ünün yağlardan karşılanması durumunda günlük olarak yaklaşık 95 g yağ tüketmesi gerekmektedir. Bu yağ miktarının bir kısmı peynir, süt vb. besinler ile alınmakta ve bu miktarın  $\frac{2}{3}$ 'ünün (63 g) doğrudan yağ olarak alınması gerektiği hesaplanmaktadır (Kıllı ve Beycioğlu 2019). Buradan yola çıkarak yılda yaklaşık 23 kg yağ/kişi tüketilmesi önerilmektedir. Türkiye nüfusu yaklaşık olarak 85 milyon kişidir ve toplam yağ ihtiyacımız 1.955.000 ton civarındadır. 2018-2022 yılları arasındaki Türkiye'de yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanı, üretimi ve verim değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Türkiye'de üretilen yağlı tohumlu bitkiler değerlendirildiğinde, istatistiksel verilerde yağlı tohumlu bitkiler arasında yer almasına rağmen yerfıstığı, susam ve haşhaşın yağ üretimine katkısı yoktur. Bununla birlikte, asıl amacı lif üretimi olan pamuk ile önemli bir tahıl olan mısır bitkilerinin ülkemizin yağ üretimine önemli katkıları bulunmaktadır ve bu bitkilerin üretim seyrinin değerlendirilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Tablo 6 incelendiğinde, beş yıllık dönemde toplam yağlı tohumlu bitki ekim alanları 840 bin hektardan 1.100 bin hektara yükselmiştir. Bu ekim alanlarına pamuk ve mısır da dahil edildiğinde, 1.950-2.600 bin ha'a yükseldiği görülmektedir. Bu artışta en önemli pay ayçiçeğinde gerçekleşmiştir. Ayrıca, mısır ekim alanlarının her yıl arttığı görülmektedir. Bu durum önümüzdeki yıllarda mısırı bitkisel yağ üretimine daha fazla katkı sunacağını göstermektedir. Toplam yağlı tohum üretim miktarı ise 9.800 bin tondan 13.050 bin tona yükselmiştir. Üretimin artışındaki en önemli sebep ise ayçiçeği ekim

alanına bağlı olarak üretimin 250 bin ton ve mısır üretiminin de 2.800 bin ton artmış olmasıdır. Bununla birlikte, çığit üretimi yaklaşık 100 bin ton, kolza üretimi 25 bin ton, soya üretimi 15 bin ton, yerbıstığı üretimi ise 12 bin ton artmıştır. Pamuk ekim alanlarındaki yıldan yıla gerçekleşen dalgalanmalar çığit üretimine de yansımıştır. Bunun yanında haşhaş ve susam ekim alanları bir miktar azalmıştır. Verim bakımından ise ayçiçeği, çığit ve soyada yıllar içerisinde dalgalanmalar yaşandığı görülmektedir. Kolza, yerbıstığı ve susam veriminde bir artış, diğer yağlı tohumlu bitkilerin veriminde ise azalış gerçekleşmiştir. Yağ bitkilerinin verimlerinde kolza dışında önemli bir değişiklik olmamış, kolzanın verimi 335 kg/da'dan 365 kg/da'a yükselmiştir.

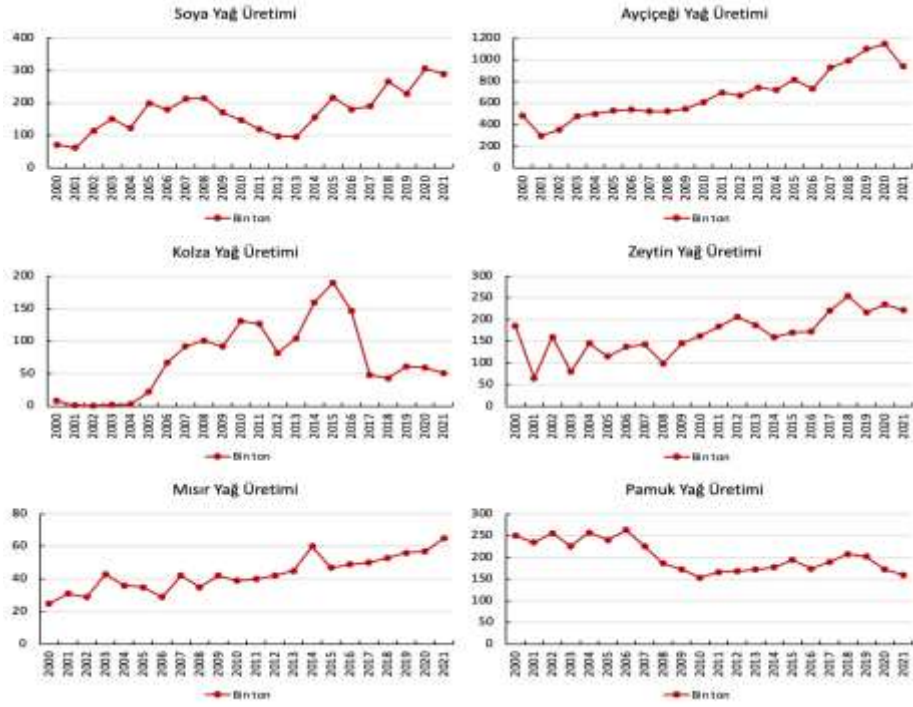
**Tablo 6:** Türkiye'de yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanı, üretim ve verim değerleri

Bitkiler	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Ekiliş (ha)</b>					
Ayçiçeği	648.934	675.983	650.869	811.311	900.517
Çığit	518.634	477.868	359.220	432.279	573.161
Soya	32.848	35.294	35.134	43.891	38.009
Yerbıstığı	44.334	42.421	54.774	57.919	45.701
Haşhaş	45.122	67.736	46.125	51.672	41.159
Kolza	37.845	52.514	34.989	37.601	41.145
Aspir	24.693	15.860	15.115	14.588	26.237
Susam	25.985	24.860	25.666	25.486	24.285
Mısır	591.900	638.828	691.632	758.237	911.884
<b>TOPLAM</b>	<b>1.948.065</b>	<b>2.031.364</b>	<b>1.913.524</b>	<b>2.232.985</b>	<b>2.602.107</b>
<b>Üretim (ton)</b>					
Ayçiçeği	1.800.000	1.950.000	1.900.000	2.215.000	2.350.000
Çığit	1.542.000	1.320.000	1.064.189	1.350.000	1.650.000
Soya	140.000	150.000	155.225	182.000	155.000
Yerbıstığı	173.835	169.328	215.927	234.167	186.340
Haşhaş	26.991	27.288	20.542	21.037	12.240
Kolza	125.000	180.000	121.542	140.000	150.000
Aspir	35.000	21.883	21.325	16.200	30.000
Susam	17.437	16.893	18.648	17.657	17.366
Mısır	5.700.000	6.000.000	6.500.000	6.750.000	8.500.000
<b>TOPLAM</b>	<b>9.795.263</b>	<b>9.835.392</b>	<b>10.017.398</b>	<b>10.926.062</b>	<b>13.050.954</b>
<b>Verim (kg/da)</b>					
Ayçiçeği	277	289	292	273	261
Çığit	297	276	296	312	288
Soya	426	425	442	415	408
Yerbıstığı	392	401	394	404	408
Haşhaş	60	50	59	50	46
Kolza	330	343	347	372	365
Aspir	142	138	141	112	114
Susam	67	68	73	70	72
Mısır	964	940	941	890	933

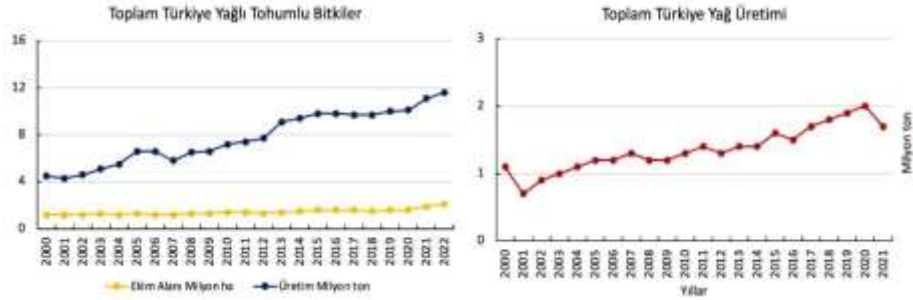
Kaynak: Anonim (2024a)

Bitkisel yağların 2000 yılından itibaren üretim seyri Şekil 4’de gösterilmiştir. Soya yağ üretimimiz 20 yılda 5 kat artmış, Ayçiçek yağı üretimi 2 kat, zeytinyağı üretimi 3 kat artmıştır. En fazla yağ üretimi ayçiçeğinden elde edilirken, bunu zeytin, pamuk, kolza ve mısır takip etmiştir. Pamuk yağı üretiminde azalış trendi dikkati çekerken, ayçiçeği, mısır ve kolza yağı üretimindeki artış oldukça açıktır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, 2021 yılında toplam (zeytinyağı dahil) bitkisel yağ üretimimiz 1,7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5, Anonim, 2024a). Bu miktar ihtiyacımız olan bitkisel yağı hemen hemen karşılamaktadır. Ancak, üretilen yağın tamamı yerli üretimden gelen yağlı tohumlardan olmayıp önemli bir kısmı ithalat ile karşılanmıştır. Ayrıca önemli miktarlarda ham yağ ithalatı da yapılmıştır. Bu nedenle yağlı tohumlu bitkilerin ithalat ve ihracatı büyük önem taşımaktadır.



Şekil 4: Türkiye’de soya, ayçiçeği, kolza, zeytinyağı, mısır ve pamuk yağ üretimlerinin 2000-2021 yılları arasındaki değişimi (Anonim, 2024b)



Şekil 5: Dünya yağ bitkilerinin toplam ekim alanı, üretimi ve yağ üretiminin 2000-2021 yılları arasındaki değişimi (Anonim 2024b)

#### 4. TÜRKİYE’DE YAĞLI TOHUM VE BİTKİSEL YAĞ TİCARETİ

Ülkemizde üretilen yağlı tohumlu bitkilerden üretilen bitkisel yağlar, ülke nüfusuna yetecek düzeyde olmadığı için her yıl ham yağ, tohum ve



küspe ithalatı yapılmaktadır. Bununla birlikte bir miktar tohum ile üretilen ham yağ ve küspe ihracatımız bulunmaktadır. Her yıl giderek artan bitkisel yağ açığına milyarlarca dolar döviz ödenmektedir. Tablo 7’de son 5 yıllık dönemde (2018-2022 yılları) Türkiye’nin yağlı tohum, ham yağ, küspe ve margarin ithalat ve ihracat değerleri verilmiştir.

**Tablo 7:** Türkiye yağlı tohum, ham yağ, margarin ve küspe ithalat ve ihracatı

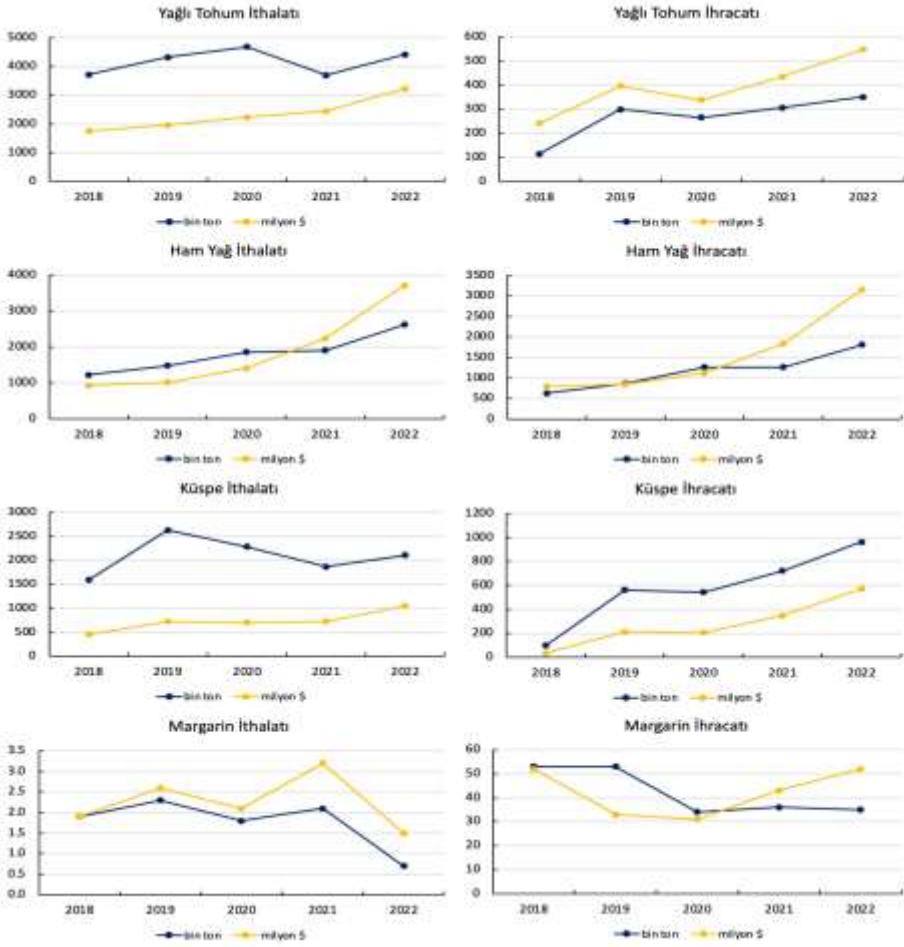
	2018		2019		2020		2021		2022	
	Bin ton	Mil. \$	Bin ton	Mil. \$	Bin ton	Mil. \$	Bin ton	Mil. \$	Bin ton	Mil. \$
<b>İTHALAT</b>										
Yağlı tohum	3.710	1.753	4.322	1.960	4.674	2.229	3.696	2.450	4.417	3.230
Ham yağ	1.221	926	1.481	1.014	1.858	1.412	1.902	2.239	2.622	3.705
Margarin	1,9	1,9	2,4	2,6	1,8	2,1	2,02	3,2	0,7	1,5
Küspe	1.591	457	2.629	730	2.283	705	1.871	729	2.108	1.058
<b>Toplam</b>	<b>6.524</b>	<b>3.138</b>	<b>8.434</b>	<b>3.707</b>	<b>8.817</b>	<b>4.348</b>	<b>7.471</b>	<b>5.421</b>	<b>9.148</b>	<b>7.995</b>
<b>İHRACAT</b>										
Yağlı tohum	114	242	299	397	265	338	307	435	351	549
Ham yağ	634	796	869	848	1.266	1.121	1.264	1.836	1.815	3.156
Margarin	53	52	53	33	34	31	36	43	35	52
Küspe	99	35	562	212	544	205	721	350	962	572
<b>Toplam</b>	<b>900</b>	<b>1.125</b>	<b>1.783</b>	<b>1.490</b>	<b>2.109</b>	<b>1.695</b>	<b>2.328</b>	<b>2.664</b>	<b>3.163</b>	<b>4.329</b>

Kaynak: Anonim (2024b)

Türkiye’nin son beş yılda toplam yağlı tohum ithalat miktarı 3.710 bin tondan 4.417 bin tona yükselmiştir. Bunun karşılığında ödenen döviz miktarı ise 1.753 bin dolardan 3.230 milyon dolar artmıştır (Tablo 7). İthal edilen yağlı tohum miktarında 700 bin tonluk bir artış gerçekleşirken, bunun parasal karşılığı 1.477 milyon dolar artmıştır. Aynı dönem içerisinde ham yağ ithalatımız 1.221 bin tondan 2.622 bin tona yükselerek 2 kattan fazla bir artış gerçekleşmiştir. Ham yağa ödenen para ise 926 milyon dolar’dan 3.705 milyon dolara çıkarak 4 kat artmıştır (Şekil 6). Yağlı tohum küspesi ithalatı ise yıllara göre dalgalı bir seyir göstermiştir. 2018 yılında 457 milyon dolar ödenen küspe ithalatı 2022

yılında 2 kattan fazla artarak 1.058 milyon dolar olmuştur. Böylece 2022 yılında margarin de dahil olmak üzere 9.148 milyon dolar toplam ithalat yapılmıştır. Bitkisel yağ sanayiinde margarin üretimi ve sektörü de önemli bir yere sahiptir. Margarin üretiminde %73 oranında palm yağı, %24 oranında pamuk yağı, %1 oranında ayçiçek yağında oluşmakta ve geri kalanı soya ve kolza yağları, süt, su ve katkı maddeleri kullanılmaktadır (Gezginç vd. 2021). Türkiye margarin üretim kapasitesi yıllık yaklaşık 1 milyon tondur. Türkiye’de margarin tüketiminin ise kişi başına yıllık 8,5 kg olduğu bildirilmektedir.

Son beş yıllık dönemde yağlı tohum, ham yağ ve küspe ihracatı da hem miktar olarak hem de değer olarak artarken, margarin de ise azalmıştır. Toplam ihracat değeri 2018 yılında 1.073 milyon dolar olurken, 2022 yılında 4.277 milyon dolara yükselmiştir. Bu dönem içerisinde yağlı tohum ve ham yağ ihracatı miktar olarak 5 kat, küspe ise yaklaşık 10 kat artmıştır. Sonuç olarak, Türkiye’nin yağlı tohum sektöründeki ithalatı, ihracatını karşılamamış ve yaklaşık 3,7 milyar dolarlık açık oluşmuştur.



**Şekil 6:** Türkiye yağlı tohum, ham yağ, küspe ve margarin ithalat ve ihracatının 2018-2022 yılları arasındaki değişimi (Anonim 2024b)

## 5. SONUÇ

Türkiye bitkisel yağ sanayi bakımından oldukça gelişmiş bir yapıya sahipken, üretilen yağlı tohum yetersiz kalmaktadır. Hem ülke nüfusunun ihtiyacı olan bitkisel yağı karşılamak hem de atıl kapasite ile çalışan yağ fabrikalarının etkin bir şekilde üretim yapmasını sağlamak amacıyla yağlı tohumlu bitkilerin üretimi artırılmalıdır.

Türkiye’de en önemli yağ bitkisi ayçiçeği iken, zeytin, mısır, kolza ve bunların yanında asıl amacı lif üretimi olan pamuk tohumlarından bitkisel yağ elde edilmektedir. Yerfıstığı çerezlik olarak, susam ise pastacılık ile tahin-helva yapımında kullanıldığından yağ üretimi yapılmamaktadır. Lokal olarak haşhaş tohumlarından yağ elde edilse de daha çok pasta, börek ve tatlılara lezzet vermek ve süslemesinde kullanılmaktadır. Türkiye’nin soya ihtiyacı çok fazla olmasına rağmen, ithal edilen soyanın neredeyse tamamı yem sanayinde değerlendirilmektedir. Bu nedenle soya üretiminden yağ sanayinde önemli katkılar yapmasını beklemek doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Her ne kadar bu ürünlerin bitkisel yağ üretimine katkıları sınırlı olsa da ithal edilmekte ve milyarlarca dolar döviz ödenmektedir. Bu nedenle bu bitkilerin üretimlerinin artırılmasına yönelik tedbirler alınmalıdır. Türkiye’de bitkisel yağ ihtiyacının karşılanmasında ayçiçeği, kolza, soya ve aspir bitkileri ön plana çıkmakta ve bu bitkilerin ekim alanlarını artıracak tedbirler alınmalıdır. Ayrıca, mısır, zeytin ve pamuk üretiminde yaşanan gelişmeler de bitkisel yağ üretimini destekleyecektir.

Yağ bitkilerinin üretimi iki şekilde artırılabilir. Bunlardan birincisi ekim alanlarının artırılması, bir diğeri de bitkilerin verim ve yağ oranlarının yükseltilmesidir. Öncelikle mevcut ekim alanları ile bitkilerin verimi iki kat artırıldığında talep karşılanabilmektedir. Ancak bu durum kısa ve orta vadede gerçekleşebilir nitelikte değildir. Dolayısıyla yağ bitkilerinin ekim alanı artırılırken, bu bitkilerin verimleri ve yağ oranları iyileştirilmeli ve yetiştirme tekniklerinin (sulama, gübreleme, hastalık, zararlı, yabancı ot ile mücadele vb.) iyileştirilmesine önem verilmelidir.

Yağ bitkileri üretim alanlarının artırılmasında Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) ve Konya Ovası Projesi (KOP) illeri büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Bu bölgelerde sulamaya açılan tarım arazilerinin artmasıyla yağ bitkileri ekim alanları da artacaktır (Kolsarıcı vd. 2015). Kısa sürede verimi artırmak ancak sulama ile gerçekleştirileceği için büyük sulama projelerine öncelik verilmelidir. Sulanan tarım alanlarımız

genişlediğinde, yağlı tohumlu bitkilerin verimleri de ve üretim potansiyelimiz de artacaktır. Diğer yandan, özellikle nadas alanlarında ve kuru tarım alanlarında aspir bitkisi önemli bir potansiyel olarak görülmektedir. Bu alanlarda aspir, ekim nöbeti sistemi içerisinde desteklenirse, önemli miktarlarda üretim potansiyeline sahiptir. Aynı zamanda yemeklik yağ kalitesinde olan keten çeşitlerinin ülkemizde adaptasyon çalışmaları yapılarak nadas alanlarına uygun çeşitler de bu alanlarda değerlendirilebilir.

Bunun dışında, son yıllarda ekim alanlarında önemli bir gelişme kaydedilen kolza (kanola) bitkisinin ortalama verimi, yıllara göre değişmekle birlikte ayçiçeğinden 50-100 kg/da daha fazladır. Ayçiçeği ekiminden kolza ekimine doğru bir dönüşüm sağlandığında yılda yaklaşık olarak 200 bin ton ilave yağ elde edilebileceği hesaplanmaktadır. Çünkü, kolza bitkisinin kışlık olması, geniş bir adaptasyon kabiliyetine sahip olması, en geç temmuz ayında hasat edilmesi, bu dönemde atıl halde bulunan yağ fabrikalarına hammadde sağlaması, yağ oranının ve yağ kalitesinin yüksek olması ve en önemlisi verimin ayçiçeğine göre daha yüksek olması kolza bitkisini avantajlı duruma getirmektedir. Aynı zamanda piyasa şartlarında pazar değeri olarak ayçiçeği ile aynı fiyatlandırmaya sahip olması çiftçilerin daha fazla gelir elde etmesini sağlamaktadır. Yerli biyodizel üreticilerinin de kolzaya olan talebi pazar değerini dengede tutabilmektedir. Bu nedenle kolzanın ülkemiz yağ sanayine önemli katkıları olacağı kesindir ve teşvik edilmelidir.

Sonuç olarak gerek dünyada gerekse ülkemizde yağ bitkilerinin üretimleri sürekli olarak artmaktadır. Ancak, ülkemizde artan nüfus ve daralan tarım alanları nedeniyle diğer tarım ürünlerinde olduğu gibi yağlı tohumlu bitkilerin de ekim alanlarının genişlemesine engel olmaktadır. Bugünkü haliyle bitkisel yağ üretiminde kendine yeter bir durumda olmayan Türkiye, gelecekte de bu açığını ithalatla karşılamak durumunda kalacaktır. İthalatı azaltmak için mutlaka potansiyel

alanlarımızın değerlendirilmesi, sulanan alanların artırılması, etkin su kullanımını sağlamak amacıyla uygun sulama sistemlerinin desteklenmesi ve fiyat olarak yağ bitkilerinin rekabet ettiği ürünler göz önüne alınarak taban fiyatların belirlenmesi gerektiği söylenebilir.

## KAYNAKÇA

- Alptekin, E., & Çanakçı, M. (2006). Biyodizel ve Türkiye'deki durumu. *Mühendis ve Makine*, 47(561), 57-64.
- Anonim (2024a). Bitkisel Üretim İstatistikleri <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. erişim tarihi: 24.02.2024
- Anonim (2024b). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL> erişim tarihi: 24.02.2024.
- Arıoğlu, H. (2014). Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı Ders Kitabı. Genel Yayın No:220, Ders Kitapları Yayın No: A-70, Adana.
- Arıoğlu, H., Kolsaracı, Ö., Kurt, O., Çalışkan, S., Aslan, M., İşler, N., Göksoy, A.T., Başalma, D., Baydar, H., Özer, H., Uzun, B., Önemli, F., Kaya, Y., Sincik, M., Öztürk, Ö., Kılılı, F., Tunçtürk, R., Öztürk, E., İlker, E., Aslanoğlu, F., Aytaç, S., Onat, B., Kurt, C., Çubukcu, P., Bakal, H., (2020). Yağlı tohum üretiminde mevcut durum ve gelecek. *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1*, s:419-438. Ankara,
- Ayaz, A. (2008). Yağlı Tohumların Beslenmemizdeki Yeri. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara.
- Gezginç, H., Taşcı, R., Akgün, M., Bolat, M., Tarhan Tek, S., Hamarat Balatlı, T. & Özercan, B., (2021). *Bitkisel Yağlar Sektör Politika Belgesi 2020-2024*. Ankara, 3-111 s.
- Haque, M.M., Rahman, M.N, Alam, M.J. & Akter, S. (2016). Possible approach for maintaining effective omega-6/ omega-3 fatty acid ratio from mixed vegetable oils. *Journal of Environmental Sciences and Natural Resources*, 9 (2), 65-69.
- İlkdoğan, U. (2008). Dünya ve Avrupa Birliği'nde Yağlı Tohum Ticaretinde Gelişmeler Türkiye Bağlamında Değerlendirme. T.C. Tarım ve Orman

- Bakanlığı Dış İlişkiler ve AB Koordinasyon Dairesi Başkanlığı. AB Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Karakuş, M.Ü. (2014). 12. Uluslararası Yem Kongresi Açılış Konuşması. *Türkiye Yem Sanayicileri Birliği Dergisi*, 70:29-40.
- Kıllı, F. & Beycioğlu, T. (2019). Türkiye’de ve dünyada yağlı tohum ve ham yağ üretim durumu, Türkiye yağlı tohum üretimine ilişkin önemli sorunlar. *UAZİMDER Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, Özel sayı, 17-33.
- Kolsarıcı, Ö., Kaya, M.D., Göksoy, A.T., Arıoğlu, H., Kulan, E.G. & Day, S. (2015). Yağlı tohumlu bitkiler üretiminde yeni arayışlar. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi (Bildiriler Kitabı-1)*, 12-16 Ocak, Ankara, s. 401-425.
- Weisz, P.B., Haag, W.O., & Rodewald, P.G. (1979). Catalytic production of high-grade fuel (gasoline) from biomass compounds by shape-selective catalysis. *Science*, 206, 57-58.





## BÖLÜM 6

### ÇUKUROVA KOŞULLARINDA FARKLI EKİM ZAMANLARI VE BİTKİ SIKLIĞIN SOYADA VERİM VE VERİME ETKİLİ ÖNEMLİ ÖZELLİKLERİN KORELASYONU

Pınar ÇUBUKÇU\*, H. Halis ARIOĞLU†\*

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10890204>

---

\* Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana  
<https://orcid.org/0000-0001-8949-0832>

† Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Adana  
<https://orcid.org/0000-0002-9596-7593>

\*Sorumlu yazar: [pcubukcu@hotmail.com](mailto:pcubukcu@hotmail.com)



## 1. Giriş

Soya (*Glycine max* L. Merrill), mısır, buğday, pamuk ve pirinçle birlikte dünya tarımına hakim olan beş üründen biridir (Karges ve ark., 2022). Dünyada en yaygın olarak yetiştirilen yağlı tohum ürünü olan soya, önemli bir gıda, hayvan yemi ve biyodizel kaynağıdır (Ziegler ve ark., 2016a). Soya tohumu küresel ölçekte önemli bir protein ve yağ kaynağıdır (Wiebbecke ve ark., 2012). Soya tohumu diyet lifi açısından zengin, doymuş yağ oranı düşük ve biyoaktif bileşenler açısından (fenolik asitler, flavonoidler, karotenoidler, izoflavonlar ve tokoferoller) zengindir (Ziegler ve ark., 2016b).

Soya bitkisi, Çin'e özgü tekyıllık bir *Fabaceae* türüdür. Çinliler 5000 yıldan fazla bir süredir bu bitkiyi tüketmektedir (Modaresi ve ark., 2011). Bu ürün hem ılıman hem de tropikal iklimlerde başarılı bir şekilde büyüebilmektedir (Bandillo ve ark., 2017). Bitki türlerinin enlemsel adaptasyonun önemli bir unsuru, fotoperiyod duyarlılığıdır. Geçmişte ılıman bölgelerden aşağı enlemlere getirilen ilk soya çeşitleri hızla gelişip, çok az veya hiç tohum üretmemekteydi. Bununla birlikte, başarılı bir genetik strateji olarak erken vejetatif dönemi uzun soya özelliğinin kullanılması sayesinde, günlerin kısa olduğu bölgelerde daha yüksek verim sağlamak mümkün olmuştur. Bu durum tropik bölgelerde soya ekimini artırmıştır (Lu ve ark., 2017). Bu sayede dünyada soya tohumu üretimi 1998'deki 70 milyon hektardaki 160 milyon ton rakamından, 2018'deki 125 milyon hektardaki 350 milyon tona yükselebilmiştir (FAOSTAT, 2021).

Doğada soyanın maruz kaldığı sıcaklık stresi bitki büyümesini ve gelişimini engeller ve önemli ekonomik kayıplara neden olur (Vital ve

ark., 2019). Soya, büyümesi sırasında genellikle yüksek gündüz ve gece sıcaklıklarına maruz kalır. Soya bitkisinin solunumu, fotosentezi ve üreme süreçleri için ortalama günlük sıcaklık eşiği  $\geq 26^{\circ}\text{C}$ 'dir. Yüksek sıcaklık (gündüz  $20/39^{\circ}\text{C}$  veya gece  $29/30^{\circ}\text{C}$ ) fotosentetik hızı, polen çimlenmesini, bakla oluşumunu ve tohum ağırlığını azaltır (Djanaguiraman ve ark., 2013a). Ayrıca soya üretimi hem sıcak hem de soğuk iklimlere doğru genişlemeye devam etmektedir. Yaprak çıkış hızı ve boğum gelişimi sıcaklıktan etkilenir. Bunların her ikisi de bitki büyümesini ve verimini, potansiyel yaprak alanını ve ışık emilimini etkiler (Tenorio ve ark., 2017). Yüksek sıcaklık stresinin neden olduğu polen anatomik değişiklikleri polen çimlenmesini azaltır, bu da bakla oluşumunu azaltır (Djanaguiraman ve ark., 2013b). Özellikle generatif aşamadaki sıcaklık dalgalanmaları tohum üretimini etkileyebilir (Puteh ve ark., 2013).

Tohum geliştirme aşamasındaki yüksek sıcaklıkların soya tohumunun kalitesi ve verimi üzerinde etkisi vardır. Yüksek sıcaklıkta tohum dolumu sırasında soya, tohumda protein yerine yağ biriktirmeyi tercih eder. Bu nedenle soya tohumlarındaki protein içeriğinin azalması kısmen tohum veriminin azalmasıyla ilişkilidir (Nakagawa ve ark., 2020). Soya tohumlarının gelişimi ve olgunlaşması sırasındaki yüksek sıcaklık ve nem, hasat öncesi aşamada tohum hasarına da neden olmaktadır (Wang ve ark., 2012). Yüksek sıcaklık, bitkinin farklı pozisyonlarındaki soya tohumunun kalitesini azaltır (Khalil ve ark., 2010). Yerel ve bölgesel koşullara uyum sağlayan en iyi soya genotiplerinin seçilmesinin gerekli olmasının nedeni budur. Ek olarak, soyanın genetik potansiyelinin kullanılması, uygun ekim zamanının soya üretiminde önemli bir rol

oynadığı ve onu daha pahalı hale getirmeyen tarımsal uygulama ve teknolojilerin uygulanmasına bağlıdır. Ekim zamanı, çevresel faktörlerdeki (yağış, sıcaklık, bağıl nem, toprağın nemi ve fotoperiyod) değişime bağlı olarak bitkinin fenolojik fazını etkiler ve dolayısıyla soyanın büyümesini, gelişmesini ve üretimini etkiler (Mandic ve ark. , 2020). Esasen, geç ekimin, generatif gelişimi sırasında ortaya çıkan ve verim bileşenlerini azaltan kuraklık stresi nedeniyle soya tohum verimini düşürdüğü düşünülmektedir (Kumagai ve Takahashi, 2020). Aynı şekilde soya tohumlarının kimyasal özellikleri de ekim zamanının gecikmesiyle değişmektedir. Ekimin geciktirilmesiyle tohum protein içeriği önemli ölçüde azalırken, yağ içeriği artar. Bununla birlikte, çeşitli çalışmalar geç ekimin soya tohumlarının protein içeriğini artırdığını, çünkü yüksek sıcaklıkların yağ içeriği üzerinde çok az etkisi veya hiç etkisi olmadan protein içeriğini artırma eğiliminde olduğunu öne sürmektedir (Bellaloui ve ark., 2015).

Soyada bitki başına dal ve yaprak sayısı her çeşitte değişen özelliklerdir, ancak bitkiler popülasyon yoğunluğundaki değişiklikler dikkate alındığında oldukça hassas görünmektedir (Board ve Kahlon, 2013). Optimum sıra aralığı, ekim tarihi ve bitki popülasyonu bir çiftçinin aldığı en önemli kültürel kararlardan üçüdür. Soya tarımındaki diğer birçok çevresel strese benzer şekilde, optimal olmayan ekim tarihi, optimal olmayan bitki popülasyonu ve sıra aralıkları, tohum sayısı ve birim alan başına bitki sayısının azalması yoluyla verimi azaltır (Kahlon ve ark., 2018).

Bu çalışmanın amacı korelasyon analizi kullanılarak soyada farklı ekim zamanları ve bitki sıklığında, A3935 soya çeşidinde verim ve verim

unsurlarındaki ilişkilerin belirlenmesidir.

## 2. Materyal ve Metot

Bu araştırma; Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında, 2001 ve 2002 yıllarında kurulmuş ve yürütülmüştür. Denemede materyal olarak, bölgede çok yaygın olarak ekilen A-3935 soya çeşidi kullanılmıştır. A-3935 soya çeşidi, orta erkenci bir çeşit olup (III. Olgunlaşma grubu) hilum rengi siyah, çiçek rengi eflatun ve tüy rengi kahverengidir. Bu çeşit, yüksek verimli olup, yatmaya ve Beyaz Sineğe (*bemisia tabaci* L.) çok dayanıklıdır.

Denemenin kurulduğu topraklar Seyhan nehri yan derelerinin getirdiği çok genç alüviyollerden oluşmuştur (Ortaş, 1996). Yapılan toprak analizlerine göre; deneme alanı toprakları tınlı yapıya sahiptir olup, organik madde oldukça düşük bulunmuştur. Deneme kurulan yerin toprak pH'sı 7.3 olup, genellikle nötr bir özellik göstermektedir.

Denemenin yürütüldüğü Adana ilinde, 2001 ve 2002 yıllarında gerçekleşen iklim değerleri, uzun yıllara göre fazla bir sapma göstermemiştir. Denemenin yapıldığı yıllarda aylık ortalama maksimum hava sıcaklığı; 2001 yılında 25.0-38.2 °C arasında değişim göstermiş ve Haziran ve Ağustos aylarında 38.23C'ye kadar yükselmiştir. 2002 yılında ise aylık ortalama maksimum hava sıcaklığı, 25.8 -41.3 °C arasında değişim göstermiştir. Bu değerlerin incelenmesinden de görüleceği üzere, 2002 yılında maksimum hava sıcaklığı, 2001 yılına göre daha yüksek olmuştur. Yine deneme yıllarında gerçekleşen aylık ortalama minimum hava sıcaklığı, soya bitkisinin büyüme ve gelişmesini normal olarak sürdürebileceği sınırlar içerisinde olmuştur. Ortalama

hava sıcaklığı ise; 2001 yılında 18.7-29.2 °C arasında. 2002 yılında ise 16.5-30.1 °C arasında değişim göstermiştir. Oransal nem değerleri her iki deneme yılında da %60-75 arasında değişim göstermiş ve bitki gelişimini olumsuz etkileyecek düzeyde olmamıştır. Aynı şekilde, denemenin yürütüldüğü yıllarda yağışın yeterli olmaması nedeniyle ekimden hasada kadar geçen dönemde, bitkinin gereksinim duyduğu yağış sulamayla karşılanmıştır.

Bu araştırma, bölünmüş parseller deneme desenine göre dört tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Denemede; ekim zamanları ana parselleri, ekim sıklıkları ise alt parselleri oluşturmuşlardır. Denemede her bir parsel 4 sıradan oluşturulmuş ve parsel boyu 6 m olarak alınmıştır. Denemede bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, dal sayısı, boğum sayısı, bakla sayısı, Tohum sayısı, 1000 tohum ağırlığı, hasat indeksi, tohum verimi, yağ oranı ve yağ verimi gibi özellikler incelenmiştir. Deneme yeri, her iki yılda da, sonbaharda derin olarak pullukla sürülmüş ve kışı bu şekilde geçiren toprak, Mart ayında yeniden kültivatör (Kazayağı) ile işlenerek oluşan yabancı otlar yok edilmişlerdir. Ekim öncesi deneme alanına dekara 20 kg Diamonium Fosfat (16 kg/da N+9.2 kg/da P205) gübresi atılmıştır. Bu iki uygulamadan sonra, toprak goble-disk ile sürülmüş ve üzerinden iki defa tapan çekilerek deneme yeri ekime hazır hale getirilmiştir. Ekimde, soya tohumları, 1/100 oranında toz formda hazırlanmış Bradyrhizobium japonicum bakterisiyle aşılansmıştır. Denemede ekim zamanları; 10 Mayıs tarihinde başlamış ve 10'ar gün arayla 10 Temmuz tarihine kadar devam etmiştir. Sıra arası uzaklığı ise 40 cm'den başlamış ve 80 cm'ye kadar çıkartılmıştır.



Belirlenen ekim zamanlarında, sıra arası mesafelerine göre markörle karıklar çekilmiş ve sıra üzeri mesafesi 5 cm olacak şekilde ekimler yapılmıştır. Ekim sırasında toprakta yeterince nem bulunmadığından, ekim sonrası iyi bir çıkışın sağlanabilmesi için yağmurlama sulama yapılmıştır. Çiçeklenme öncesi (ekim zamanlarına göre değişmektedir) dekara 6.6 kg saf azot olacak şekilde azotlu gübre uygulanmıştır (%33 Amonium Nitrat). Her iki yılda da, deneme süresince yeterli yağış olmadığı için, 15 gün arayla dört-beş defa tava usulü sulama yapılmıştır. Yine, her iki yılda da Pis kokulu yeşil böcek (*Nezera viridula*) ve *Prodenya* (*Sodoptera lilloralis*) zararlısına karşı iki defa ilaçlama yapılmıştır.

Bitkilerin hasat olgunluğu; sap ve yapraklarının sararması ve tohumların olgunlaşması ile tespit edilmiştir. Hasat zamanı geldiğinde (ekim zamanlara göre farklı tarihlerde), her parselin orta iki sırasında, parsel başlarından ve sonlarından 0.5 m atılarak, kalan 5 m uzunluğundaki sıralarda bulunan bitkiler, orakla kesilerek hasat edilmişler ve daha sonra bu bitkiler harman makinesinden geçirilerek tohumlar ayrılmıştır. Elde edilen tohumlar tartılarak parsel verimleri bulunmuş ve parsel verimlerinden dekara verim “kg/da” olarak hesaplanmıştır

### **3. Bulgular ve Tartışma**

İncelenen özelliklere ait elde edilen iki yıllık ortalama değerler esas alınarak hesaplanan korelasyon değerleri ( $r$ ) Tablo 1.’de verilmiştir

**Tablo 1.** Denemeye ait incelenen özellikler arası ilişkiler (r değerleri)

Özellikler	Bitki Boyu	İlk Bakla Yüksekliği	Dal Sayısı	Boğum Sayısı	Bakla Sayısı	Tohum Sayısı	1000 Tohum Ağırlığı	Hasat İndeksi	Tohum Verimi	Yağ Oranı
İlk Bakla Yüksekliği	0.355**	-								
Dal Sayısı	-0.194**	0.043	-							
Boğum Sayısı	0.630**	0.239**	-0.037	-						
Bakla Sayısı	0.161**	-0.162**	0.342**	0.403**	-					
Tohum Sayısı	-0.337**	-0.441**	0.063	-0.348**	0.006	-				
1000 Tohum Ağ.	0.155*	0.452**	0.084	0.179**	-0.090	-0.322**	-			
Hasat İndeksi	0.323**	0.557**	-0.016	0.389**	0.050	-0.411**	0.365**	-		
Tohum Verimi	0.322**	0.597**	-0.062	0.379**	-0.055	-0.451**	0.572**	0.592**	-	
Yağ Oranı	0.149*	-0.053	-0.141*	0.145*	0.109	-0.022	0.024	0.0408	0.024	-
Yağ Verimi	0.489**	0.668**	-0.065	0.534**	0.033	-0.530**	0.521	0.698**	0.840**	0.025

\*: %5 düzeyinde önemlidir. \*\*: %1 düzeyinde önemlidir.

Tablo1 'in incelenmesinden de görüleceği üzere, bitki boyu ile bu özelliğin değişimi üzerine etkili olabilecek özellikler arasında hesaplanan korelasyon değerlerine göre; bitki boyu ile bakla sayısı, boğum sayısı, tohum verimi, yağ verimi, hasat indeksi, ilk bakla yüksekliği, 1000 tohum ağırlığı ve yağ oranı arasında önemli ve olumlu,

bitki boyu ile bakla başına tohum ve dal sayısı arasında ise önemli, ama olumsuz bir ilişki saptanmıştır.

İlk bakla yüksekliği ile bu özelliğin değişimi üzerine etkili olabilecek özellikler arasında hesaplanan korelasyon değerlerine göre; ilk bakla yüksekliği ile bitki boyu, boğum sayısı, tohum verimi, hasat indeksi, 100 tohum ağırlığı ve yağ verimi arasında %1 düzeyinde önemli ve olumlu, ilk bakla Yüksekliği ile bakla başına tohum sayısı, bakla sayısı arasında ise yine düzeyinde önemli, ama olumsuz bir ilişki saptanmıştır.

Dal sayısı ile bu özelliğin değişimi üzerine etkili olabilecek özellikler arasında hesaplanan korelasyon değerlerine göre; dal sayısı ile bakla sayısı arasında önemli ve olumlu, dal sayısı ile bitki boyu arasında ise önemli ama olumsuz bir ilişki saptanmıştır.

Boğum sayısı ile bu özelliğin değişimi üzerine etkili olabilecek özellikler arasında hesaplanan korelasyon değerlerine göre; boğum sayısı ile bitki boyu, bakla sayısı, tohum verimi, yağ verimi, hasat indeksi, ilk bakla yüksekliği, 1000 Tohum ağırlığı, yağ oranı arasında önemli ve olumlu, boğum sayısı ile tohum sayısı arasında ise önemli ama olumsuz bir ilişki saptanmıştır.

Bakla sayısı değerleri ile bu özelliğin değişimi üzerine etkili olabilecek özellikler arasında hesaplanan korelasyon değerlerine göre; bakla sayısı ile boğum sayısı ve dal sayısı arasında %1 düzeyinde önemli ve olumlu, bakla sayısı ile ilk bakla yüksekliği arasında ise önemli fakat olumsuz ilişki bulunmuştur.

Tohum sayısı ile bu özelliğin değişimi üzerine etkili olabilecek özellikler arasında hesaplanan korelasyon değerlerine göre; tohum sayısı ile bitki boyu, boğum sayısı, hasat indeksi, İlk bakla yüksekliği, 1000 tohum ağırlığı, tohum verimi arasında ise yine %1 düzeyinde önemli, ama olumsuz bir ilişki saptanmıştır.

1000 tohum ağırlığı ile bu özelliğin değişimi üzerine etkili olabilecek özellikler arasında hesaplanan korelasyon değerlerine göre; 1000 tohum ağırlığı ile bitki boyu, boğum sayısı, tohum verimi, yağ verimi, hasat indeksi, ilk bakla yüksekliği arasında önemli ve olumlu, 1000 tohum ağırlığı ile tohum sayısı arasında ise önemli ama olumsuz bir ilişki saptanmıştır.

Hasat indeksi ile bu özelliğin değişimi üzerine etkili olabilecek özellikler arasında hesaplanan korelasyon değerlerine göre, hasat indeksi ile bitki boyu, boğum sayısı, tohum verimi, yağ verimi, ilk bakla yüksekliği arasında olumlu ve önemli, hasat indeksi ile tohum sayısı arasında önemli ama olumsuz bir ilişki tespit edilmiştir.

Tohum verimi ile bu özelliğin değişimi üzerine etkili olabilecek özellikler arasında hesaplanan korelasyon değerlerine göre tohum verimi ile bitki boyu, boğum sayısı, yağ verimi, ilk bakla yüksekliği, 1000 tohum ağırlığı arasında %1 düzeyinde önemli ve olumlu, tohum verimi ile bakla başına tohum sayısı arasında ise yine %1 düzeyinde önemli ama olumsuz bir ilişki saptanmıştır. Tohum verimi ile boğum sayısı arasında önemli ve olumlu bir ilişki bulunması, boğum sayısı arttıkça bitki boyunun daha yüksek olacağını buna bağlı olarak da verimin artacağını göstermektedir. Yine aynı şekilde, ilk baklalar daha yüksekte

oluşacağından hasat sırasında kayıplar daha az olacağından tohum verimi de artacaktır.

Yağ oranı ile bu özelliğin değişimi üzerine etkili olabilecek özellikler arasında hesaplanan korelasyon değerlerine göre; yağ oranı ile bitki boyu ve boğum sayısı arasında önemli ve olumlu, yağ oranı ile dal sayısı arasında ise önemli, ama olumsuz bir ilişki saptanmıştır.

Yağ verimi ile bu özelliğin değişimi üzerine etkili olabilecek özellikler arasında hesaplanan korelasyon değerlerine göre; yağ verimi ile bitki boyu, boğum sayısı, tohum verimi, ilk bakla yüksekliği, hasat indeksi, 1000 tohum ağırlığı arasında %1 düzeyinde önemli ve olumlu, yağ verimi ile bakla başına tohum sayısı arasında ise yine %1 düzeyinde önemli ama olumsuz bir ilişki saptanmıştır. Bu çalışmada yağ verimi; dekara tohum verimi x yağ oranı eşitliğinden hesaplandığı için, bu özellikler arasında her iki yılda da, önemli ve olumlu ilişkiler saptanmıştır.

Sonuç olarak, Adana ekolojik koşullarında, incelenen özellikler bakımından soyada tohum verimi ile bu özelliğin değişimi üzerine etkili olabilecek özellikler arasında hesaplanan korelasyon değerlerine göre tohum verimi ile bitki boyu, boğum sayısı, yağ verimi, ilk bakla yüksekliği, 1000 tohum ağırlığı arasında %1 düzeyinde önemli ve olumlu, tohum verimi ile bakla başına tohum sayısı arasında ise yine %1 düzeyinde önemli ama olumsuz bir ilişki saptanmıştır.

## **Teşekkür**

Bu bilimsel eser, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim dalında yürütülen FBE-2002 D-83 nolu doktora tezi esas alınarak hazırlanmıştır.

## **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## KAYNAKÇA

- Anonim, 2004. FAO İstatistik Bölümü İnternet Sitesi. <http://www.fao.org>
- Anonim 2004b. Yeni Yıl internet sitesi.
- Arioğlu, H.H., 2002. Yağ Bitkileri ve Islahı Ders Kitapları Yayın No:A-70, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, 204 s., Adana
- Board, J. E., & Kahlon, C. S. (2013). Morphological responses to low plant population differ between soybean genotypes. *Crop science*, 53(3), 1109-1119.
- Bandillo, N. B., Anderson, J. E., Kantar, M. B., Stupar, R. M., Specht, J. E., Graef, G. L., & Lorenz, A. J. (2017). Dissecting the genetic basis of local adaptation in soybean. *Scientific reports*, 7(1), 1-12.
- Bellaloui, N., Bruns, H. A., Abbas, H. K., Mengistu, A., Fisher, D. K., & Reddy, K. N. (2015). Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Midsouth USA. *Frontiers in plant science*, 6, 31.
- Djanaguiraman, M., Prasad, P. V., Boyle, D. L., & Schapaugh, W. T. (2013b). Soybean pollen anatomy, viability and pod set under high temperature stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199(3), 171-177.
- Djanaguiraman, M., Prasad, P. V., & Schapaugh, W. T. (2013a). High day-or nighttime temperature alters leaf assimilation, reproductive success, and phosphatidic acid of pollen grain in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Crop Science*, 53(4), 1594-1604.
- FAOSTAT. (2021). <https://www.fao.org/faostat/en/>
- Khalil, S. K., Mexal, J. G., Rehman, A., Khan, A. Z., Wahab, S., Zubair, M., & Mohammad, F. (2010). Soybean mother plant exposure to temperature stress and its effect on germination under osmotic stress. *Pakistan Journal of Botany*, 42(1), 213-225.
- Kumagai, E., & Takahashi, T. (2020). Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Yield reduction due to late sowing as a function of radiation interception and

- use in a cool region of Northern Japan. *Agronomy*, 10(1), 66.
- Kahlon, C. S., Li, B., Board, J., Dia, M., Sharma, P., & Jat, P. (2018). Cluster and principle component analysis of soybean grown at various row spacings, planting dates and plant populations. *Open Agriculture*, 3(1), 110-121.
- Karges, K., Bellingrath-Kimura, S. D., Watson, C. A., Stoddard, F. L., Halwani, M., & Reckling, M. (2022). Agro-economic prospects for expanding soybean production beyond its current northerly limit in Europe. *European Journal of Agronomy*, 133, 126415.
- Lu, S., Zhao, X., Hu, Y., Liu, S., Nan, H., Li, X., ... & Kong, F. (2017). Natural variation at the soybean J locus improves adaptation to the tropics and enhances yield. *Nature genetics*, 49(5), 773-779.
- Mandic, V., Đorđević, S., Đorđević, N., Bijelić, Z., Krmjaja, V., Petričević, M., & Brankov, M. (2020). Genotype and sowing time effects on soybean yield and quality. *Agriculture*, 10(11), 502.
- Modaresi, M., Messripour, M., & Khorami, H. (2011). Effect of Soybean on Levels of LH, FSH and Testosterone Hormones and Testis in Adult Male Mice. *Nature, Environment and Pollution Technology*, 10(3), 337-342.
- Nakagawa, A. C., Ario, N., Tomita, Y., Tanaka, S., Murayama, N., Mizuta, C., ... & Ishibashi, Y. (2020). High temperature during soybean seed development differentially alters lipid and protein metabolism. *Plant Production Science*, 23(4), 504-512.
- Ortaş, İ. 1996. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Yapısı. , Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü. Adana.
- Puteh, A. B., ThuZar, M., Mondal, M. M. A., Abdullah, A. P. B., & Halim, M. R. A. (2013). Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] seed yield response to high temperature stress during reproductive growth stages. *Australian Journal of Crop Science*, 7(10), 1472-1479.



- Stauffer, C., 2003. Soya Unu; Uygulamaları ve Avantajları. Soya Gıdaları ve Soya unu Seminerleri. Adana
- Tenorio, F. M., Specht, J. E., Arkebauer, T. J., Eskridge, K. M., Graef, G. L., & Grassini, P. (2017). Co-ordination between primordium formation and leaf appearance in soybean (*Glycine max*) as influenced by temperature. *Field Crops Research*, 210, 197-206.
- Wang, L., Ma, H., Song, L., Shu, Y., & Gu, W. (2012). Comparative proteomics analysis reveals the mechanism of pre-harvest seed deterioration of soybean under high temperature and humidity stress. *Journal of Proteomics*, 75(7), 2109-2127.
- Vital, R. G., Müller, C., da Silva, F. B., Batista, P. F., Merchant, A., Fuentes, D., ... & Costa, A. C. (2019). Nitric oxide increases the physiological and biochemical stability of soybean plants under high temperature. *Agronomy*, 9(8), 412.
- Ziegler, V., Marini, L. J., Ferreira, C. D., Bertinetti, I. A., da Silva, W. S. V., Goebel, J. T. S., ... & Elias, M. C. (2016a). Effects of temperature and moisture during semi-hermetic storage on the quality evaluation parameters of soybean grain and oil. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(1), 131-144.
- Ziegler, V., Vanier, N. L., Ferreira, C. D., Paraginski, R. T., Monks, J. L. F., & Elias, M. C. (2016b). Changes in the bioactive compounds content of soybean as a function of grain moisture content and temperature during long-term storage. *Journal of Food Science*, 81(3), H762-H768.

## **BÖLÜM 7**

### **PERMAKÜLTÜR NEDİR?**

Öğr. Gör. Rojin ÖZEK<sup>1</sup>

Doç. Dr. Fatih ÇIĞ<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10890210>

---

<sup>1</sup> Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye, rojinozek@kku.edu.tr, ORCID NO: 0000-0003-1820-0097

<sup>2</sup> Siirt Üniversitesi, Türkiye, fatih@siirt.edu.tr, ORCID NO: 0000-0002-4042-0566



## GİRİŞ

Nüfus artışı ile beraber artan gıda talebinin karşılanması daha fazla üretim ve verim elde etmeyi gerektirmektedir. Bu amaçla sentetik gübre ve pestisit kullanımı artış göstermiştir. İhtiyaç duyulandan daha fazla miktarda kullanılan kimyasallar, toprak ve su kirliliğine neden olmaktadır. Son yıllarda çevre koruma konusundaki farkındalığın artması ile beraber çevre dostu alternatif tarım yöntemleri arayışına girilmiştir. Permakültür Tarımı, sürekli ve sürdürülebilir tarım anlamında kullanılan doğaya karşı değil doğayla birlikte yaşayabilmenin alternatifini gösteren tarım yöntemlerinden biri olarak Avustralyalı bilim adamı Bill Mollison ve David Holmgren tarafından ilk defa 1978 yılında ortaya çıkmıştır. İngilizcede “permanent agriculture” den türetilmiştir ve kalıcı tarım olarak da adlandırılmaktadır. Permakültür, doğal sistemleri onarıp koruyan dış girdilere bağımlılığı azaltmak veya ortadan kaldırmak için tasarlanmış bir sistemdir (McLennon ve ark., 2021). Temel amacı, doğal ekosistemleri örnek alarak şehir ve köylerde ihtiyaçları karşılayan, çevresini kirletmeden ve sömürmeden, sürdürülebilir, sağlıklı ve ekonomik olarak uygulanabilir sistemler yaratmaktır. En küçük alanı dahi kullanarak yapıların ve arazilerin karakteristiğini bozmadan, hayvan ve bitkileri doğal özellikleriyle bir araya getirmektedir (Anonim1).

Permakültür üç etik ilkeye dayanır (Anuhya, 2022)

- 1- Yeryüzüne Bakım: Doğal çevreyi ve toprağın korunmasının önemini vurgular. Gereksiz kimyasal gübre kullanımı yerine ihtiyaç duyulan kadar doğal ve organik gübre sağlanması veya çorak arazilerin rehabilitasyonu örnek verilebilir.

- 2- İnsanlara Bakım: İnsanlara yeterli ve sağlıklı besinler sağlamanın önemini vurgular. Meyve ve sebze yetiştiriciliğinde sentetik tarım ilaçlarının kullanımının azaltılması örnek verilebilir.
- 3- Adil paylaşım: Gereğinden fazla tüketime sınır koymak veya fazlasını dağıtmanın önemini vurgular. İhtiyaç duyulmadığı sürece sondaj kuyusu kazılmaması, suyu ekonomik kullanımını sağlayan damlama sulama sistemi kullanımı ve yağmur suyunun toplanması gibi örnekler verilebilir.

Permakültür uygulamaları doğadan esinlenerek, tasarım (su bahçeleri, taraçalar, yükseltilmiş sebze yataklarının oluşturulması, humus saklama havzaları, mikroiklim bölgeleri, göletler), gıda ormanı (çalı ve ağaçların tarımsal amaçlı kullanımı), hayvan besiciliği, balıkçılık, meyve yetiştiriciliği, şifalı ve yabani bitkilerin yetiştirilmesi uygulamalarını içermektedir (Holzer, 2020). Permakültür uygulamaları hayatın her alanında uygulanabilir özelliğe sahiptir. Konutlar, bahçeler, pencere çerçeveleri, banliyö ve kır evleri, topluluk alanları, çiftlikler, ticari ve endüstriyel tesisler, eğitim kurumları gibi pek çok yapıda permakültür yaklaşımını uygulamak mümkündür (Anonim1). Genel hatlarıyla permakültür uygulamaları şu şekilde sıralanabilir:

- 1- Tarımsal Ormancılık: Permakültür bahçeleri olarak da bilinen bu uygulama, doğal ormanlardan esinlenerek tasarlanmıştır. Bu tasarımda, tarım ve ormancılıkta kullanılan teknolojiler birleştirilerek tarımda girişimcilik ile verimliliği artırmak amaçlanmaktadır. Böylece çeşitliliği ve üretkenliği bir üst

seviyeye çıkararak daha verimli ve sürdürülebilir arazi sistemleri elde etmek istenmektedir.

- 2- Banliyö ve Kentsel Permakültür: Alanın verimli kullanılmasına dayalı bir uygulamadır. Gıda üretimi için ayrılan alanı en üst seviyeye çıkarmak ve boşta kalan alanı minimumda tutmak permakültür amaçlarından biridir. Banliyö permakültür alanında; yağmur suyu toplama, yenilebilir çevre düzenlemesi, asfalt yolların kaldırılması, bir garajın yaşam alanına dönüştürülmesi, güney cephelerin pasif güneş enerjisine dönüştürülmesi gibi düzenlemeler örnek verilebilir.
- 3- Hügel Kültür: Çürümüş veya kullanılmayan ağaç atıkları ile yükseltilmiş bahçe yatağı yapma işlemi olarak bilinen hügel kültür, toprağın su tutma oranını ve verimini artırmaktadır. Bu uygulamada toprağın altına gömülen ağaç atıkları gözenekli yapısı, yer altında çürürken sünger görevi görmektedir. Gömülü ahşap parçaları yağışlarla yeterli suyu alarak kurak mevsimde ekinlere su kaynağı sağlarlar. Daha az bakım ve daha az sulama gerektirdiği için uzun vadede daha verimli olan bu teknik, son zamanlarda benimsenen geleneksel bir uygulamadır.
- 4- Vermikompostlama: Vermikompostlama, atıkları parçalamak için solucanların kullanıldığı bir sistemdir. Solucanlar, bahçeyi organik olarak gübrelemek için kullanılan solucan gübreleri üretmektedir ve böylece bitki büyümesi artarken topraktaki ağır metallerin varlığı da azalmaktadır.

Permakültür peyzaj tasarımı, öğeleri ve alanı bakımından farklı yoğunluk seviyelerine göre bölgelere ayrılmıştır. Tasarımda arazinin bölündüğü altı bölge vardır (Nath, 2022).

Bölge 0: Evin bulunduğu bölgeyi göstermektedir. Tüm faaliyetlerin merkezi halindedir

Bölge I: Bu bölge ev bahçesinin bulunduğu ve içerisinde meyve ağaçlarının sebzelerin ve şifalı otların yetiştirildiği alanı temsil etmektedir.

Bölge II: Bu bölgede kümes hayvanları, diğer hayvan barınakları bulunmaktadır. Ayrıca meyve bahçeleri ve tarla ürünlerinin yetiştirildiği bölgedir.

Bölge III: Bu bölgede tarla ürünlerinin yanı sıra mera alanlarının bulunduğu bölgedir. Bu bölgede ayrıca su depolama yapıları da bulunmaktadır.

Bölge IV: Bu bölgede orman arazileri ve otlatma alanları bulunmaktadır. İnsan etkisinin çok az olduğu bölgedir.

Bölge V: Bu bölge, insan müdahalesinden tamamen uzak ve vahşi doğayla dolu bir alandır.

Permakültür 1980'lerde özellikle Avustralya, Britanya ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerde, kendine yeterliliğini sağlamak için tasarlanan projeler ile yayılım göstermiştir. Permakültür tasarımı, doğal ekosistemleri örnek almayı ve tarımsal ekosistemdeki olumlu etkileşimleri iyileştirmeyi amaçlamaktadır (Fiebrig ve ark., 2020). Bilim insanı David Holmgren "Permakültür: Sürdürülebilirliğin Ötesindeki

İlkeler ve Yollar“ kitabında Permakültür tasarımını 12 ilkeye dayandırmıştır (Nath, 2022). Permakültür ilkeleri;

- 1- Gözlemleyin ve etkileşimde bulunun: Bu ilkede doğayı gözleme ve etkileşime geçmek için zaman ayırmanın önemi vurgulanmaktadır.
- 2- Enerjiyi yakalayın ve depolayın: Bu ilke kaynakların sistem içinde tutulmasını sağlayarak ihtiyaç anında kullanmak ve enerjiyi en yüksek düzeyde toplayan sistemler geliştirmek temeline dayanır. Bu ilkeye yardımcı olan uygulamalar arasında yağmur suyu hasadı, malç uygulaması, ve yeraltı sularının kullanımı, ağaç ve çalıkların dikilmesi örnek verilebilir.
- 3- Verim elde edin: Bu ilkede Permakültür tarım sisteminin insanlara kaynak, enerji ve gıda gibi yeterli çıktı sağlaması gerektiğini vurgulamaktadır.
- 4- Ön düzenleme uygulayın ve geri bildirim kabul edin: Bu ilke Permakültür sistemini aksatan ve iyi çalışmaya devam edebilmesini sağlamak için yapılan düzenlemeleri kapsamaktadır.
- 5- Yenilenebilir kaynakları ve hizmetleri kullanın ve bunları değerlendirin: Bu ilke gereksiz tüketim davranışından kaçınmak ve yenilenemeyen kaynaklara bağımlılığımızı azaltmak için doğadan yararlanmanın önemini vurgulamaktadır.
- 6- Atık üretmeyin: Bu ilke kaynakların uygun şekilde kullanılması ve atıkların değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır.



- 7- Desenlerden detaylara tasarım: Permakültür sistemi doğadan esinlenerek yapılmıştır. Bu ilke doğadaki desenlerin gözlemlenmesi ve taklit edilmesinin önemini vurgulamaktadır. Ormanlar, tropik yağmur ormanları ve otlaklar tarımsal ekosistemlerde kullanılabilecek önemli desenlere örnek verilebilir.
- 8- Ayırmak yerine bütünleştirin: Bu ilkede Permakültür sisteminde simbiyotik bağlantılar kurarak karşılıklı yarar sağlamanın faydaları vurgulanmaktadır. Besi hayvanlarının tavuk gibi yetiştirme sistemlerine, pirinç yetiştirme sistemlerine ise balıkların entegre edilmesi bu prensibe örnek verilebilir.
- 9- Küçük ve yavaş çözümler kullanın: Bu ilkede küçük ve yavaş sistemlerin bakımının büyük sistemlere kıyasla daha kolay olduğu vurgulanmaktadır. Böylece kaynaklardan daha iyi yararlanılabileceği savunulur.
- 10- Kullanım ve değer çeşitliliği: Permakültürde tür çeşitliliği, ekolojik çeşitlilik, genetik çeşitlilik ve kültürel çeşitlilik oldukça önemlidir ve permakültürün temelini oluşturmaktadır. Bu ilkeye göre çeşitlilik, tehditlere karşı direnci artırmaktadır.
- 11- Kenarları kullanın ve marjinal olana değer verin: Bir tarımsal ekosistemdeki tarla kenarları, çok çeşitli bir flora yelpazesine sahiptir. Bu ilkede kenar boşluklarında çok yıllık bitkilerin yetiştirilmesi mikro iklimin yaratılmasını sağlayarak verimliliği artıracığı savunulmaktadır.
- 12- Değişimi yaratıcı bir şekilde kullanın ve değişime yanıt verin: Değişim ve değişime uyum sağlamak permakültürün temel prensiplerindendir. Her yıl artan sıcaklık ve buna bağlı olarak

yeni zararlı ve hastalıkların ortaya çıkması örnek verilebilir. Bu ilke, bu tür durumlara hazırlıklı olmak gerektiğini vurgulamaktadır.

## **Türkiye’ de Permakültür Uygulamaları**

Permakültür tasarımının uygulamalarını öğretmek için 1979 yılında “Permakültür Enstitüsü” kurulmuştur. Permakültür projeleri şu anda tüm kıtalarda 120'den fazla ülkede mevcuttur (Anonim 2, 2024). Holmgren ve Mollison tarafından permakültür tasarımını içeren bir eğitim sistemi ve Permakültür Tasarım Kursu (PDC) geliştirilmiştir. Bunun yanı sıra Avustralya'da Permakültür Araştırma Enstitüsü (PRI) kurulmuştur. Bu kurum Türkiye’de dahil olmak üzere birçok ülkede resmi üyelik yoluyla faaliyet göstermektedir (Mollison 2002; Abiral, 2019).

Permakültür Türkiye’de de ilgi görmektedir. Kocaeli, Sakarya, Yalova, Bilecik, Bursa, Çanakkale, İzmir, Muğla ve Antalya gibi kıyı bölgelerinde yoğunluk gösteren, permakültür tasarım prensiplerini benimsemiş 13 çiftlik bulunmaktadır (Anonim 3, 2024). Türkiye’de Permakültür tasarımını benimsemiş çiftlikler aşağıda sıralanmaktadır.

- Ahlatdede
- Bayramiç, Yeniköy
- Belentepe Çiftliği
- Bostancık
- Chevrel Traher Çiftliği
- Codron Ailesi Çiftliği
- Flora Akdeniz Bahçesi
- Kır Çocukları, Tahtacıörencik

- Kızıltepe Permakültür Çiftliği
- Marmariç Permakültür
- Ormanya Gıda Ormanı Projesi
- Permakamp, Beykoz
- Bilecik Zeytinlibogaz Permakültür Çiftliği

Permakültür Araştırma Enstitüsü, daha fazla uygulamanın hayata geçirilmesi, mevcut bilgi birikimi ve deneyimin aktarılması amacıyla birçok kurs ve çalıştay düzenlenmektedir. Aynı zamanda ekosisteme uygun modellerin tasarlanması, tarım, ormancılık ve doğal kaynaklarda sürdürülebilir yöntemler geliştirme hedefleri üzerine pek çok plan hazırlanmaktadır

## **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Permakültür tarımı, verimi artırma, daha az pestisit ve ilaç kullanımı ile çevre zararını azaltma ve toprak sağlığını iyileştirmeye yardımcı olabilmektedir. Küçük çiftlik işletmeleri için sürdürülebilir bir gelir kaynağı sağlamanın yanı sıra güvenli ve yeterli ürünlerin yetiştirilmesini teşvik etmektedir. Ayrıca tarımsal sistemleri iklim değişikliği etkilerinden korunmalarına yardımcı olmaktadır. Ancak Permakültür Tarımı ciddi bir eğitim ve beceri gerektirmektedir. Ayrıca Permakültür tarımı için kaynak ve arazilere ihtiyaç vardır ve bunlara ulaşım özellikle kentsel alanlarda sınırlı olabilmektedir. Küçük bir alan ile Permakültür tarımına başlanması ve kademeli olarak genişletilmesi aynı zamanda mevcut kaynakların kullanılarak üründe çeşitlilik sağlanması Permakültür Tarımı için tavsiye edilmektedir.

## KAYNAKÇA

- Anuhya, P. (2022). Permaculture: A Natural Rehabilitation for Nature. *The Agriculture Magazine*,
- Anonim 1, 2024 . <https://www.isbank.com.tr/blog/permakultur-nedir>
- Anonim 2, 2024 Permacultureglobal.org - the interactive map and database of the Worldwide Permaculture Network
- Anonim 3, 2024 <https://ecodiurnal.com/turkiyedeki-permakultur-ciftlikleri/>
- Abiral, B. (2019). Permaculture and Ecological Lifestyle. İçinde R. Kinna & U. Gordon (Ed.), *Routledge Handbook of Radical Politics* (1. bs, ss. 477-491). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315619880-38>
- Fiebrig, I., Zikeli, S., Bach, S., Gruber, S. (2020). Perspectives on permaculture for commercial farming: aspirations and realities. *Organic Agriculture*, DOI 10.1007/s13165-020-00281-8
- Holzer, S. 2020. Sepp Holzers Permakultur: Praktische Anwendung für Garten, Obst- und Landwirtschaft. ISBN:978-975-2498-88-4
- McLennon, E., Dari, B., Jha, G., Sihi, D., & Kankarla, V. (2021). Regenerative agriculture and integrative permaculture for sustainable and technology driven global food production and security. *Agronomy Journal*, 113(6), 4541-4559. <https://doi.org/10.1002/agj2.20814>
- Mollison, Bill. 2002. Permaculture: A Designer's Manual. Australia: Tagari Publications
- Nath, M. K. (2022). *Potentialities of Permaculture to Emerge as an Alternative for Intensive Agriculture- A Review*. 1(1).



## **BÖLÜM 8**

### **PRİMING UYGULAMALARINDA YENİ TEKNİKLER VE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR**

Dr. Gamze KAYA<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10890221>

---

<sup>1</sup> T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Eskişehir İl Müdürlüğü, Eskişehir, Türkiye.  
pascalcik@hotmail.com. ORCID ID 0000-0002-9815-2672



## GİRİŞ

Bitkisel çeşitliliğin temel çoğaltım materyali olan tohum, tarımı yapılan kültür bitkileri için en önemli kaynaktır. Buğdaygiller ve baklagiller familyasına giren türlerde ise ayrıca besin kaynağı olarak tohumun kendisi kullanılmaktadır. Tohumlar bitkilerin üretim materyali olmalarının yanında, bir bitki türünde genetik özelliklerin devam ettirilmesi bakımından gen kaynağı olarak da ıslah çalışmalarında ayrı bir öneme sahiptir. Bu önemli özellikleri nedeniyle tohum bitkisel üretimin en önemli hazinesidir (Şehirli 1997).

Bitkisel üretimde tohum, bitkinin oluşumu ve çoğaltımında kullanılan generatif üretim materyalidir. Sağlıklı bitki eldesi ve yüksek verimin ön şartı kaliteli tohumluk kullanımudur. Tohum iki şekilde üretim üzerine etkilidir: İlki, tarlada beklenen bitki yoğunluğunun yalnızca kaliteli ve güçlü tohumluklarla sağlanabilmesi, ikincisi ise, bu kaliteli tohumluklarla daha güçlü ve sağlıklı bitkilerin elde edilmesidir (Şehirli 1997). Bununla birlikte, tohumlarda düşük canlılık ve gücü artırmak, farklı stres koşullarında çimlenme ve çıkışta görülen problemleri azaltmak veya dormansi görülen tohumlarda dormansinin kırılması amacıyla tohum uygulamaları (priming) yapılmaktadır (Hampton ve TeKrony 1995; Milošević vd. 2010). Tohum uygulamalarında temel; tohumlarda su alımını ve çimlenmenin belli aşamalarını başlatıp, daha sonra tekrar kurutarak tohumdan kökçük çıkışının engellenmesine dayanmaktadır. Böylece çimlenmenin belirli aşamalarını geçen tohumlar daha hızlı ve uniform bir şekilde çimlenebilmektedir (Hampton ve TeKrony 1995; Acharya vd. 2020).

### 1. Priming uygulamaları

Tohumların canlılık ve güçlerindeki farklılıkları minimize etmek ve popülasyon içinde üniformiteyi yükseltmek amacıyla tohumlara değişik uygulamalar yapılmaktadır. Bu uygulamalar, ekim ile fide çıkışı arasındaki dönemde yaşanabilecek sorunları azaltarak fide çıkış süresini kısaltmak, yeknesak fide çıkışını sağlamaktır. Bu uygulamalara “priming”, “tohum uygulamaları” ve “ekim öncesi uygulamalar” gibi isimler verilmektedir (Heydecker 1973). Priming, ekim öncesi tohumların kontrollü bir şekilde hidrasyon ve dehidrasyon döngülerine maruz bırakılarak tohum performansını artırma amacıyla kullanılan bir tekniktir (Ashraf 2005). Bu döngü tohumda çimlenme öncesi embriyonun büyümesi ve gelişmesi için makromolekülleri parçalayan amilaz, proteaz ve lipaz gibi enzimleri ve metabolik olayları aktive



ederken, kökçük çıkışını engellemektedir. Bu hazırlık aynı zamanda serbest radikalleri ve malondialdehit üretimini azaltırken, katalaz, peroksidaz ve süperoksit dismutaz gibi antioksidant enzim aktivitelerini arttırmakta, çimlenme aşamasında stresi azaltmakta ve daha yüksek fide çıkış oranıyla sonuçlanmaktadır (Bradford 1986, Kaya vd. 2010, Acharya vd. 2020). Bu biyolojik etkiler neticesinde tohum ekimi ile bitki çıkışı arasındaki süre kısaltılarak çiftçilere zaman kazandırmakta, ek sulama, gübreleme ve yabancı ot kontrolü gibi durumlarda da önemli faydalar sağlamaktadır.

Priming uygulamaları farklı şekillerde yapılabilmektedir. En yaygın priming teknikleri arasında, kontrollü su alımının sadece su ile sağlandığı hidropriming (Rowse 1996, Demir ve Okçu 2004, Caseiro vd. 2004, Selovic vd. 2023), osmotik çözeltilerin (PEG, KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, manitol, sukroz) kullanıldığı osmopriming (Gray vd. 1990, McDonald 2000), vermikülit gibi katı ortamların kullanıldığı matrispriming (Pill vd. 1997, Qiu vd. 2009, Liu et al 2010, RuoPeng vd. 2018), giberellik asit (GA<sub>3</sub>), absisik asit (ABA) ve salisilik asit (SA) gibi bitki büyüme düzenleyicilerin kullanıldığı hormonal priming ve tuz solüsyonlarının (NaCl) kullanıldığı halopriming gelmektedir (Cayuela vd. 1996, Afzal vd. 2006, Ghobadi vd. 2012, Mahmoudi vd. 2012). Ancak, son yıllarda akıllı tarım için gelişmiş priming teknolojisi olarak ortaya çıkan nanoteknoloji teknikleri ile silikon, gümüş nitrat (AgNO<sub>3</sub>), çinko oksit (ZnO), seryum oksit ve kitosan gibi nanopartiküllerin kullanıldığı yöntemler de eklenmiştir (Acharya vd. 2020, An vd. 2020, Mosavikia vd. 2020, Serafy vd. 2021, Li vd. 2021). Ayrıca, manyetik tohum uygulamaları da özellikle düşük çimlenme gücüne sahip tohumlarda çimlenme ve fide gelişiminin teşvik edilmesinde kullanılmaya başlanan diğer bir yeni priming tekniğidir (Afzal vd. 2021).

## 2. Priming uygulamasını etkileyen faktörler

Priming uygulamalarının etkisi sadece kullanılan yöntemle göre değil, diğer pek çok faktöre göre değişiklik göstermektedir. Çalışılan bitki türüne, çeşidine, tohumun başlangıç canlılığı ve kalitesine, ışığa, uygulama süresi ve sıcaklığına, oksijene, mikrobiyal etmenlere ve uygulama sonrası kurutma gibi diğer faktörlere de bağlıdır (Heydecker ve Coolbear 1977, Dearman vd. 1986, Copeland ve McDonald 1995).

Farklı özelliklerdeki çözeltiler ve konsantrasyonları tohum metabolizması, enzim aktivitesi, hücre zarı geçirgenliği ve gen ekspresyonu üzerine farklı etkiler göstermektedir. Çünkü, türe, çeşide, tohum kalitesi ve stres koşullarına bağlı olarak su, tuz, şeker, hormon ve biyostimulantlar gibi farklı priming ajanları kullanılmaktadır (Shaheen vd. 2016). Örneğin hidropriming uygulaması soğan tohumlarının çimlenme hızını diğer osmotik uygulamalara göre önemli düzeyde artırmıştır (Caseiro vd. 2004).

Uygulama süresi tohumlardaki metabolik aktivite ve fizyolojik değişimleri etkilemektedir. Uygulamanın süresi çok kısa tutulduğunda istenen fayda elde edilememektedir. Bu süre çok uzun tutulduğunda ise hücre zarlarında zararlanma, besin maddelerinde sızıntı veya erken çimlenme görülebilmektedir. Ayrıca optimal priming sıcaklığı türe, çeşide, tohumun optimum çimlenme sıcaklığı isteğine ve kullanılan çözeltilere göre değişkenlik gösterebildiği için mutlaka optimize edilmelidir. Mesela, polietilen glikol (PEG) ile yapılacak uygulamalarda daha yüksek oksijen konsantrasyonu ve istenen su potansiyelini elde etmek için genellikle düşük sıcaklıklar kullanılmaktadır. Priming genellikle düşük sıcaklıklarda daha başarılıdır (Copeland ve McDonald 1995). Yüksek sıcaklıklar ise primingi hızlandırmakta ancak tohumun zararlanma riskini artırmaktadır. Çimlenme için ışık gereksinimi duyan türlerde ise priming uygulaması sırasında ışık da gerekli olmaktadır (Ingale ve Pathak 2023).

Osmotik çözeltilerin ve kullanılan ortamların tipleri de priming uygulamasının başarısını etkilemektedir. Örneğin vermikülit ya da ince öğütülmüş şist gibi katı ortamların kullanıldığı solid matris priming uygulamalarında osmotik çözeltilere göre tohumlara daha fazla oksijen sağlanmaktadır. Bu materyaller tamamen doymun olmadıkları için tohumların istenen su potansiyeline ulaşmasında daha başarılı olmakta ve tohumlara aerobik bir ortam sağlamaktadır. Bununla birlikte, osmotik bileşiklerin primingde kullanımı yüksek miktardaki tohum partileri için dezavantaj sağlamaktadır. Osmotik çözeltilerde buharlaşma ile oluşan su kaybı da yüksek sıcaklıkta çimlenme isteyen türler için dikkate alınması gereken bir faktördür (Copeland ve McDonald 1995).

Mikrobiyal bulaşma ise primingin kalite ve başarısını etkileyen bir diğer önemli faktördür. Mikrobiyal gelişimi engellemek için uygulama öncesinde

tohumlara yüzey sterilizasyonu yapılmakta veya ortama fungusit eklenebilmektedir (Copeland ve McDonald 1995).

Priming sonrası yapılan kurutma ise uygulamanın etkinliğini değiştiren önemli bir faktördür. Priming ile ıslanan tohumların uygun yöntemlerle kurutulması çimlenme ve çıkış oranını olumlu yönde etkilemektedir (Adegbuyi vd. 1981). Priming yapılmış tohumların kurutulması ortam sıcaklığında olabildiği gibi basınçlı hava ya da vakumlu kurutma gibi teknikler de kullanılmaktadır. Ortam kurutmasında, priming sonrası tohumlar düz bir yüzeye üniform şekilde serilerek yavaşça kurutulmaktadır. Bu yöntem kurutma için daha uzun süre ve geniş yüzeyler gerektirmektedir. Özellikle yüksek miktardaki tohum partileri için bu faktörler dikkate alınmalıdır. Uygulama sonrası diğer bir seçenek ise daha kısa süre ve daha az alana ihtiyaç duyan basınçlı hava kurutmasıdır. Bu yöntem kurutma işlemi tamamlanana kadar tohumlara ortam sıcaklığındaki havanın ya da sıcak havanın üflenmesiyle yapılmaktadır. Bu kurutma şeklinde havanın sıcaklığı ve üfleme hızının tohumlara zarar vermemesine dikkat edilmelidir. Vakumlu kurutma da ise daha üniform bir kurutma sağlanmakta ancak yüksek maliyet gerektirmektedir. Bu yöntemde önce tohumların yüzeyi kurutulduktan sonra susuz  $\text{CaSO}_4$  içeren desikatörler içerisinde bekletilmektedir (Frett ve Pill 1989, Copeland ve McDonald 1995). Brocklehurst ve Dearman (1983) priming sonrası düşük sıcaklıklarda yapılan kurutmanın çimlenme hızını artırdığını bildirirken, Parera ve Cantliffe (1994) ve Demir vd. (2005) kurutmanın yüksek sıcaklıkta yapılmasıyla çimlenme ve çıkış oranı ile çimlenme hızını artırdığını belirlemiştir.

Priming ortamında oksijenin varlığı, uygun sıcaklık ve süre gibi uygulamanın etkinliğini artıran önemli bir faktördür (Caseiro vd. 2004, Demir ve Okçu 2004). Priming süresince ortamda oksijen varlığı tohumun solunum ve enerji mekanizmasını etkilemektedir. Yeterli havalandırma, tohumun çimlenme ve gücü için gerekli olan ATP üretimi ve aerobik solunum için oksijen sağlamaktadır. Örneğin soğanda havalandırılmı priming uygulaması havalandırılmı ortama göre daha yüksek çimlenme oranı göstermiştir (Bujalski vd. 1989).

Tohumun başlangıç kalitesi ve özellikleri de primingin başarısını etkilemektedir. Tohum büyüklüğü, tohum olgunluğu, tohum nem içeriği, dormansi, tohum gücü priming süresince su alımı, metabolik aktivite ve

fizyolojik değişimleri etkilemektedir. Bu nedelerden dolayı priming uygulaması yapılmadan önce ve sonrasında bu faktörlerin optimizasyonu yapılmalıdır.

### **3. Priming teknikleri**

#### **3.1. Hidropriming**

Hidropriming tohumların belirli süre ve sıcaklıkta sadece su içerisinde bekletildikten sonra tekrar başlangıç nem içeriklerine gelene kadar kurutulmasına dayanmaktadır (Taylor vd. 1998). Uygulama sonrası kurutma uniform bir şekilde yapılmadığında ise primingin başarısı olumsuz etkilenmekte ve düzensiz çimlenme ve çıkışlar görülmektedir (Pill ve Necker 2001). Bu yöntem tohumların su alımına izin vererek tohumlarda çimlenme için metabolik aktiviteyi başlatmak ancak çimlenmenin ikinci fazında kökçük çıkışına izin vermemektedir (Bradford 1986, McDonald 2000). Uygulanmış tohumlar uygulanmamışlara göre genellikle daha hızlı ve uniform çimlenme göstermektedirler (Taylor vd. 1998). Diğer priming teknikleriyle karşılaştırıldığında yüksek miktarlarda tohum partilerine uygulanabilmesi, kolay ve ucuz olması hidrasyon uygulamalarının en önemli avantajları olarak sıralanabilir. Bu teknik, çevre için zararlı veya pahalı olan kimyasal madde içermediğinden yan etkileri ve masrafları en aza indirmektedir (Rowse 1996). Bu teknikte, özellikle su stresi ve yüksek sıcaklık gibi elverişsiz iklim koşullarına sahip bölgelerde tohumda su alımını ve hidrasyonu teşvik edici özelliğinden dolayı faydalanılmaktadır (McDonald 2000). Değişik sıcaklık ve sürelerde yapılan uygulamalar türlere göre farklılık göstermektedir. Örneğin, biberde hidropriming uygulaması katalaz ve süperoksit dismutaz enzim aktivitelerini artırmış (Kaya vd. 2010), ayçiçeğinde hidropriming uygulaması tuzluluk ve kuraklık stresi altında çimlenme yüzdesini ve fide çıkışını artırmış (Kaya vd. 2006), arpa, fasulye, brüksel lahanası, karnabahar, kereviz, patlıcan, marul, kavun, biber, turp, soya fasulyesi, şeker pancarı, tatlı mısır, domates, yulaf ve buğdayda başarıyla uygulanmıştır (Rowse 1996).

#### **3.2. Osmopriming**

Bu teknikte polietilen glikol (PEG), manitol ve sukroz gibi pek çok osmotik çözelti kullanılmaktadır. Tohumun kontrollü bir şekilde su alması

sağlanırken, tohumdan çözünen maddelerin süzülmesi engellenmektedir (McDonald 2000). Ayçiçeğinde PEG ile yapılan uygulamanın çıkış oranı ve hızını arttırdığı belirlenmiştir (Oliveira vd. 2022, Corbineau vd. 2023). Pırasa tohumlarında 14 gün süresince -1.0 MPa PEG ile uygulama yapıldığında çimlenme oranının arttığı (Corbineau vd. 1994), kolzada PEG uygulamasının tuz stresinde çimlenme performansını arttırdığı (Lechowska vd. 2019), havuçta PEG solüsyonuna melatonin eklenerek yapılan uygulama sonrasında kontrol tohumlarına göre çimlenme oranı ve hızında artış meydana geldiği saptanmıştır (Rosinska vd. 2023). Silveira vd. (2023) domateste 24 saat PEG ve PEG+Selenyum solüsyonları ile yapılan uygulama sonucunda, kuraklık stresi altında, çimlenme oranının yalnız PEG uygulaması yapılan tohumlarda daha yüksek olduğunu, katalaz enzim aktivitesinin kuraklık stresinde oksidatif stres indikatörü olabileceğini saptamışlardır. Patlıcanda hidropriming, PEG, KNO<sub>3</sub>, PEG+KNO<sub>3</sub> ile yapılan uygulamalar sonrasında 15 ve 25°C sıcaklıklarda tohum gücünün, çimlenme ve çıkış oranlarının hidropriming ve KNO<sub>3</sub> uygulamasında diğer yöntemlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Reis vd. 2012). Hidropriming, halopriming (NaCl) ve osmopriming (manitol ve PEG) uygulamaları sonrasında fasulye tohumlarının manitol uygulamasında en yüksek çimlenme oranı, antioksidant enzim ve biyokimyasal aktiviteyi gösterdiği belirlenmiştir (Kumar ve Rajalekshmi 2021). Osmopriming uygulamaları sonrası fide gelişimi de olumlu yönde etkilenmektedir. Örneğin, şili biberinde PEG uygulaması sonrası tuz stresi altında çimlenme oranı, bitki boyu, kök ve sürgün kuru ağırlığı ile klorofil seviyesi artarken, prolin ve capsaisin seviyesinin azaldığı belirlenmiştir (Rachmawati vd. 2023). Kavunda hidropriming ve KNO<sub>3</sub> ile yapılan osmopriming tuz stresi altında çimlenme oranını ve bitki gelişimini arttırdığı belirlenmiştir (Oliveira vd. 2019). Bezelyede hidropriming, osmopriming (CaCl<sub>2</sub>) ve hormopriming (salisilik asit) uygulamalarının hem optimal hem de yüksek sıcaklık stresi altında çimlenme yüzdesi ve hızını, fide yaş ve kuru ağırlığı, fide güç indeksi, kök ve sürgün uzunluğu ile klorofil içeriğini artırdığı ayrıca yapılan bu uygulamalar arasında ise en yüksek değerleri osmopriming ve hormopriming uygulamasının verdiği saptanmıştır (Tamindžić vd. 2023).

### 3.3. Halopriming

Tohumların NaCl, KNO<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub> ve CaSO<sub>4</sub> gibi inorganik tuz solüsyonlarında bekletilmesiyle yapılan uygulamalardır (Khan vd. 2009, Serafy vd. 2021). Halopriming uygulamalarında genel olarak tohumların antioksidant enzim aktivitesi ve membran stabilitesinde artışlar belirlenmiştir. Pek çok araştırma halopriming uygulaması ile tuzlu topraklarda tohumların çimlenmesi ve fide çıkışının arttığı, dolayısıyla verimin de olumlu yönde etkilendiğini göstermiştir (Khan vd. 2009). Örneğin, nohutta KNO<sub>3</sub>, MgSO<sub>4</sub> ve Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ile yapılan tohum uygulamaları ile kuraklık stresi altındaki bitkilerin kontrole göre stoma iletkenliğini ve fotosentez oranının arttığı saptanmıştır (Tiwari ve Katiyar 2021).

### 3.4. Matriming

Kontrollü su alımının bir diğer şekli de nemli vermikülit, turba yosunu ve kum gibi katı materyallerin ortam olarak kullanıldığı solid matris priming ya da matriming'dir. Bu materyaller düşük matris potansiyeliyle sahip olduğu için suda çözünabilirliği düşüktür. Aynı zamanda, yüksek su tutma kapasitesine sahip, geniş bir yüzey alanı olan, tohumlar için toksik olmayan ve tohum yüzeyine tutunabilen özelliğindedir (Copeland ve McDonald 1995). Ayrıca ortam olarak silika, leonardit, zonolit, kömür, vermikülit, kil ve mikrojeller de kullanılabilir (Yang vd. 2018). Bu yöntemde tohumlar genellikle 15°C'de -0.4 ile -1.5 MPa arasında 7-14 gün tutulmaktadır. Bu süreç sayesinde tohumlar ortamdan suyu yavaşça almaktadırlar (Mal vd. 2019). Uygulama sonrasında tohumlar katı materyalden ayrıldıktan (elenerek veya yıkanarak) sonra kurutulmaktadır. Bu teknik tohum performansını arttırmak amacıyla mısır gibi iri tohumlu türlerde de kullanılabilir (Chang ve Sung 1998). *Helichrysum bracteatum* tohumlarının matriming uygulamasının ardından çimlenme performansı ve fide çıkışında artış belirlenmiştir (Grzesik ve Nowak 1998).

### 3.5. Hormonal priming

Bu teknik tohumların bitki büyüme düzenleyiciler ya da giberellik asit (GA), salisilik asit (SA), asetil salisilik asit (ASA), askorbik asit ve sitokininlerle uygulandığı priming türüdür (Ingale ve Pathak 2023, Akbıyık ve Aktaş 2022). Tek başına bir hormon pek çok görevi yapabilirken, pek çok hormon ise benzer görevi yerine getirebilmektedir. Örneğin absisik asit (ABA)

çimlenmede negatif bir role sahipken, bu etki GA ve oksin kullanılarak nötralize edilebilmektedir (Sinha ve Kumar 2020). Bu uygulama tekniğinde çoğunlukla GA<sub>3</sub> kullanılmaktadır. Bu hormonlar bitki gelişiminin farklı evrelerinde önemli rol oynamaktadır. Örneğin sitokininler bitki gelişiminin tüm aşamalarında, giberellik asit ise tohum dormansisini kırmada, çimlenme ve fide gelişiminin hızlanmasında görevli hidrolitik enzimleri stimüle ederek çimlenme kapasitesinin artması gibi daha pek çok metabolik olayda görevlidirler. Bu uygulamanın etkisi dormansi ve abiyotik stres koşulları altında daha iyi görülmektedir (Sinha ve Kumar 2020). Çörekotu tohumlarına 100 mg/L SA uygulaması kadmiyum stresi koşullarında çimlenme oranını, fidelerin ise kök uzunluğu ve kuru ağırlığını artırmıştır. Kadmiyum dozları arttıkça elektriksel iletkenlik, malondialdehit ve prolin içeriği artış gösterse de, bu artış priming uygulanmış tohumlarda daha düşük bulunmuştur (Espanany vd. 2016). Mısırdaki melatonin uygulamasının uygulanmamış tohumlara göre düşük sıcaklık stresinde çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğunu artırdığı, hidrojen peroksit ve malondialdehit seviyesini düşürdüğü, antioksidant enzim (süperoksitdismutaz, peroksidaz, katalaz, askorbatperoksidaz) aktivitelerini artırdığı belirlenmiştir (Cao vd. 2019). Havuçta 24 saat ASA uygulamasının tuz stresinde tohumların çimlenme oranında artış sağladığı ve başarılı bir şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir (Akbiyık ve Aktaş 2022).

### 3.6. Nutripriming

Mikro besin elementlerinin (Zn, Fe, B, Mo, Mn, Cu ve Co) priming solüsyonunda kullanıldığı bu priming yöntemi kolay ve nispeten daha düşük maliyetli olduğu için pek çok türde uygulanmaktadır (Sinha ve Kumar 2020). Bu yöntemde tohumlar saf su yerine, besin elementleriyle hazırlanan solüsyonlarda belirli sıcaklık ve sürede bekletilmektedir (Imran vd. 2013). Farklı besin elementleri bitkilerde farklı görevlere sahiptir. Örneğin çinko tuzlarının bitki gelişimini ve fidelerde hastalığa dayanımı artırdığı, fosforun aminoasitlerin önemli bir bileşeni olduğu, demirin bitki hücresinde klorofil oluşumu için gerekli olduğu bilinmektedir (Sinha ve Kumar 2020). Mısırdaki Fe, Zn ve Mn uygulamalarının düşük sıcaklık stresinde erken fide gelişimini, kök ve sürgün uzunluğunu arttırdığı (Imran vd. 2013), Zn, B ve Mo uygulamasının çimlenme oranı, çimlenme hızı ve fide ve gelişimini arttırdığı (Nciizah vd.

2020), tohuma %4'lük  $ZnSO_4$  uygulamasının ise kontrole göre maksimum verim ve bitki gelişimi sağladığı (Raza vd. 2023) tespit edilmiştir.

### 3.7. Biyopriming

Bu yöntem tohum bakterizasyonu olarak da bilinmektedir. Tohumların belirli süre ve sıcaklıkta, bakteriyel ya da fungal priming ajanı veya kimyasalların dışında bitki köklerinden ve rizosfer bölgesinden elde edilen pek çok faydalı mikroorganizmalar içeren solüsyonlara daldırılarak uygulandığı bir tekniktir (Forni ve Borromeo 2023). Farklı türde bitki büyümesini destekleyici bakteriler (PGPB) ya da bitki büyümesini destekleyici rizobakteriler (PGPR) kullanılmaktadır (Forni vd. 2017). Bakterilerin türü ve miktarı biyoprimingin başarısını etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Gram-negatif bakterilerin tohum kabuğunda yaşamı sınırlı olduğundan tohum uygulamalarının gram-pozitif bakteriler ile yapılan biyoprime göre genellikle daha başarısız olduğu saptanmıştır. Ayrıca, tatmin edici düzeyde hastalık kontrolü ve bitki gelişimi için *Serratia plymuthica* bakteri hücre yoğunluğunun  $\log_{10} 5$  CFUs/tohum'dan daha yüksek olması gerektiği belirtilmiştir (Abuamsha vd. 2011). Biyopriming uygulaması sonrası tohumların depolanma sıcaklığı da priming başarısını etkilemektedir. Kolzada farklı kimyasallar ( $MgSO_4$ ,  $KH_2PO_4$ , NaCl, TSB, Manitol ve PEG) içeren priming solüsyonlarına *P. chlororaphis* ve *S. plymuthica* eklenerek yapılan biyopriming sonrasında  $MgSO_4$  içeren solüsyonun kontrol ve diğer kombinasyonlara göre en iyi çimlenme oranını verdiği, ayrıca bakterilerin tohumda uzun süre canlılığını koruyabilmesi için tohumların düşük sıcaklıkta depolanması gerektiği saptanmıştır (Abuamsha vd. 2011). Junges vd. (2016) fasulyede *Trichoderma spp.* ve *Bacillus subtilis* ile yaptıkları biyopriming uygulamasında, solüsyonların içerisine fungal ajanların eklenerek yapılan uygulamanın fungal ajanlarla tohumları kaplamaya göre daha etkili olduğu, çimlenme ve fide gelişiminin kontrol grubu ve tohum kaplaması yapılanlara göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

### 3.8. Nanopriming

Geleneksel tohum uygulama yöntemleri dışında nanoteknolojinin kullanıldığı yöntemler nanopriming olarak sınıflandırılmaktadır. Nanopriming tohum uygulamasında nanopartikülleri (NPs) içeren modern priming tekniklerinden biridir. Nanopartiküller bilimin hemen hemen her alanında



kullanılmaya başlanmış son yıllarda da tohum uygulamalarında yerini almıştır. Nanopriming ve fiziksel priming dışındaki tüm bu yöntemler klasik priming teknikleri kategorisinde yer almaktadır (Katoch vd. 2022). Günümüzde bitki veya mikroorganizma kaynaklı nanopartiküllerin priming amacıyla kullanımı geleneksel tekniklere göre daha fazla önem kazanmıştır (Shang vd. 2019). Mikroorganizmaların yanı sıra bu parçacıklar canlı bitkilerin bünyesinde de sentezlenebilmektedir (Katoch vd. 2022). Diğer priming tekniklerinin sınırlayıcı faktörleri göz önüne alındığında modern priming tekniklerinin kullanımına önem verilmelidir. Nanopartikül bazlı priming teknikleri tarımsal girdilerin kullanımının azalmasına ve daha iyi emilim nedeniyle besin maddelerinin alınımının artmasına olanak tanımaktadır (Prasad vd. 2017). Nanoprimingde büyüklüğü 100 nm'den daha küçük nanopartiküller (NPs) kullanılmaktadır. Nanopartiküllerin diğer parçacıklardan ve malzemelerden çok daha büyük olan yüzey/kütle oranı gibi önemli ve benzersiz özellikleri, onların katalizi etkili bir şekilde geliştirmelerine ve aynı zamanda ilgili maddeleri adsorbe etmelerine ve dağıtmalarına olanak tanımaktadır (Gonzalez-Melendi vd. 2008). Malzeme boyutu küçüldükçe yüzeyde bulunan atom miktarı artmaktadır. Nano büyüklükteki bu materyaller, daha yüksek reaktivite, mekanik direnç ve daha iyi elektriksel ve termal özellikler göstermektedirler (Natsuki vd. 2015, Jiang vd. 2015). Pek çok farklı tipte nanopriming uygulaması farklı tür ve çeşit bitkide çimlenmeyi, fide gelişimini ve tohum gücünü arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Ancak pek çok çalışmada yüksek dozda nanopartiküllerin marul, domates, buğday ve hıyar gibi bazı bitkilerin üzerine toksikolojik etkileri olabileceğini göstermiştir (Nile vd. 2022).

Nanopartiküllerin hücre içerisine geçişinde üç mekanizmanın etkili olduğu düşünülmektedir (Nile vd. 2022). İlk mekanizmaya göre nanopartiküllerin çok küçük materyaller olması nedeniyle direk difüzyon yoluyla hücre zarından kolaylıkla içeri girebilmeleridir. Bu durum nanopartiküllerin büyüklüğü, şekli, yükü, hidrofobisite ve yapısı gibi pek çok özelliğine bağlıdır. Endositozis olarak adlandırılan ikinci mekanizmaya göre, nanopartiküllerin hücre zarı tarafından sarılarak hücre içerisine taşınmasıdır. Üçüncü mekanizma ise transmembran proteinleri veya nanopartiküllerin hücrelere hareketini düzenleyen kanallar aracılığıylaadır. Ancak, bu durum yine de tohum kabuğunun anatomisi, por açıklığı ve gözeneklerin büyüklüğü gibi nanopartiküllerin hücre içine girişini etkileyen faktörlere bağlı bulunmaktadır

(Nile vd. 2022, Khan vd. 2023). Nanopriming ile tohum kabuğundan su ve besin maddesi girişinin artmasıyla çimlenme oranı, çıkış ve fide gelişiminin de arttığı saptanmıştır. Çeltikte gümüş nanopartikülleriyle (AgNPs) ile yapılan nanopriming, uygulama yapılmayan tohumlara göre tohumda su alım hızını,  $\alpha$ -amilaz aktivitesini, çimlenme oranı ve fide gelişimini arttırdığı ve aromatik pirinçte (*Oryza sativa* cv. Gobindabhog) nZVI (zero valent iron) ile uygulama yapılanlarda ise tohum gücünü, antioksidant enzim aktivitesini, kök ve sürgün uzunluğu ile fotosentetik pigment içeriğini arttırdığı belirlenmiştir (Mahakham vd. 2017, Guha vd. 2018). Maş fasulyesinde 100 mg/L MgO nanopriming uygulamasının klasik hidropriming uygulamasına göre çimlenme yüzdesi ve tohum gücünü artırdığı belirtilmiştir (Anand vd. 2020). Domateste nanosilikondioksit ( $nSiO_2$ ) uygulamasının çimlenme oranı ve hızını, çimlenme ve vigor indeksini, fide yaş ve kuru ağırlığını (Siddiqui ve Al-Whaibi 2014), nikeloksit nanoprtiküllerinin (NiO-NPs) ise kontrole göre katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve glutatyon redüktaz (GR) antioksidant enzim aktivitesini artırdığı saptanmıştır (Faisal vd. 2013). Biberde titanyum dioksit ( $TiO_2$ ) nano partikül uygulamasının çimlenme oranını, fide yaş ağırlığını, vigor indeksini, kök ve sürgün uzunluğunu önemli düzeyde artırdığı belirlenmiştir (Dehkourdi vd. 2014). Karpuz ve kabakta gümüş nanopartikülleri (AgNPs) çimlenme ve çıkış oranını kontrole göre artırmıştır (Almutairi ve Alharbi 2015, Acharya vd. 2020). Ispanakta nano  $FeS_2$  uygulaması fide çıkışı, yaprak alanı ve yaprak sayısını kontrole göre artırmıştır (Srivastava vd. 2014). Pirinçte kitosan nanopartikül (CNPs) uygulamasının hidropriming uygulamasına göre tuz stresi altında çimlenme oranı, fide gücü ve antioksidant enzim aktivitesini artırdığı belirlenmiştir (Soni vd. 2023). Fasulyede nanokitosan uygulamasının tuz stresinde çimlenme ve kök uzunluğunu ve antioksidant enzim aktivitesini artırdığı belirlenmiştir (Zayed vd. 2017).

### 3.9. Plazmapriming

Plazma uygulamaları son yıllarda tarım, tıp, gıda ve tekstil gibi pek çok sektörde yaygınlaşmaya başlamıştır. Cold Atmospheric Plasma (CAP), Cold Plasma (CP) ya da Non-Thermal Plasma (NTP) olarak da adlandırılan modern priming tekniklerinden bir diğeri de plazmapriming'dir. Plazma; nötral gaz, iyonize gaz, elektronlar, pozitif yüklü iyonlar, reaktif oksijen türleri (ROS), reaktif nitrojen türleri (RNS), serbest radikaller ve fotonlardan oluşan maddenin

katı, sıvı ve gaz halinden farklı dördüncü hali olarak tanımlanmaktadır (Adhikari vd. 2020, Shelar vd. 2022). Non-thermal plasma (NTP) teknolojisi son yıllarda fiziksel aşındırma, ısıl işlem ve kimyasal işlem gibi tekniklere alternatif olarak geliştirilmiştir (Dobrin vd. 2015). Ancak fiziksel aşındırma işleminde mekanik olarak zarar görmüş tohum sayısı artmakta ve uygulama uniform olmamakta, sıcaklık uygulamasında ise sıcak su ya da sıcak yüzeyler kullanılırken kimyasal işlemlerde tohumlar yıkama ve kurutma öncesinde sülfürik asite maruz bırakılmaktadır. Plazma teknikleri ise tüm bu olumsuzluklara karşı alternatif bir yöntem olarak geliştirilmiştir (Dobrin vd. 2015).

Plazma sistemleri termodinamik niteliklerine göre düşük ve yüksek sıcaklık, çalışma basınçlarına bağlı olarak atmosferik ve düşük basınç şeklinde sınıflandırılmaktadır ve çoğunlukla soğuk plazma (CP) tohumlara uygulanabilmektedir. CP oda sıcaklığında ve belirli bir vakum altında bulunan gazların belirli bir elektrik akımı veya elektromanyetik radyasyon uygulaması sonucu oluşmaktadır (Kandemir vd. 2021). CP uygulanan tohumların üzerinde çok küçük boyutlarda kılcal çatlaklar oluşarak suyun tohum içerisine hızlı bir şekilde girmesi sağlanmaktadır. Bu sayede sert tohum kabuğu bulunan tohumların kabuğunun hafifçe çatlatılması veya aşındırılması sonucu tohum daha kolay ve hızlı su alabilmektedir. Bu teknik özellikle tohum dormansisinin kırılmasında ve çimlenmenin hızlandırılmasında önemli rol oynamaktadır (Shelar vd. 2022). Örneğin, domateste farklı sürelerde (1, 5 ve 10 dk) uygulanan CP'nin kuraklık stresinde çimlenmeyi ve antioksidant enzim aktivitesini artırdığı belirlenmiştir (Adhikari vd. 2020). Maş fasulyesinde CP uygulaması kontrol tohumlarıyla karşılaştırıldığında, çimlenme oranını ve kök uzunluğunu önemli seviyede artırdığı, amilaz, proteaz ve fitaz gibi hidrolitik enzim aktivitesinin de arttığı görülmüştür (Sadhu vd. 2017). Beyaz hindiba (*Cichorium intybus* L.) bitkisinin tohumlarına CP uygulanmış ve reaksiyon sonrasında fidelerin farklı dozlarda selenyum nanopartiküllerine verdikleri tepkiler incelenmiştir. CP uygulaması sonrası fidelerin kök ve sürgün gelişiminin, yaş ağırlık ve çiçeklenmenin arttığı tespit edilmiştir (Abedi vd. 2020). Ayçiçeği tohumlarına CP uygulamasının kontrole göre kök gelişimini teşvik etmiştir (Tamošiūnė vd. 2020). Plazma uygulamasında anilin, sikloheksan ve helyum gibi gazların kullanımı çimlenme ve bitki hızını artırmaktadır. Plazma uygulamaları, tohumda herhangi bir zararlanma meydana getirmediği ve herhangi bir

kimyasal kullanılmadığından dolayı zararsız ve çevreye dost bir uygulama olarak tanımlanmaktadır (Sinha ve Kumar 2020).

### 3.10. Magnetopriming ve Elektropriming

Statik manyetik alan (SMF) son yıllarda tohumlarda kullanımı yaygınlaşan çevreye dost, zararlı kimyasallar içermeyen fiziksel bir priming tekniğidir. Hem normal hem de biyotik-abiyotik stres koşulları altında metabolizmayı hızlandırarak büyüme ve gelişimi desteklemektedir (Afzal vd. 2021). Yöntemin esasında tohumların manyetik alana maruz bırakılması yatmaktadır. Diğer priming tekniklerinden farklı olarak tohumları suda veya herhangi bir solüsyonda bekletme ve uygulama sonrası kurutma gibi işlemler gerektirmemektedir. Bu yöntemde tohumlar manyetik bir huni içerisinden geçirilerek uygulama yapılmaktadır. Tohumlar maruz kaldıkları manyetik alana farklı tepkiler vermektedirler. Dolayısıyla bu manyetik alana maruz bırakılma süresi ve dozunun optimize edilmesi gerekmektedir (Sinha ve Kumar 2020).

Manyetik alan uygulaması tohumun kimyasal bileşenlerinde herhangi bir değişim olmaksızın hücre zarını daha geçirgen hale getirmektedir (Iqbal vd. 2012). Ayrıca magnetopriming uygulaması sadece tohum çimlenmesini iyileştirmeyle kalmayıp tohumları patojenlerin zararlı etkilerinden de korumaktadır (Sinha ve Kumar 2020). Manyetik alanın bitki gelişimi üzerine etkisinin incelendiği pek çok çalışma bulunmaktadır (Feizi vd. 2021). Ayrışığında 50, 100 ve 150 militesla (mT) manyetik alana maruz bırakılan tohumların 100 mT’da kontrol grubu ve yapılan diğer priming yöntemlerine göre fide çıkışı ve büyüme oranının arttığı belirlenmiştir (Afzal vd. 2021). *Zinnia (Zinnia elegans Jacq.)* tohumlarında aynı dozlarda yapılan manyetik alan uygulaması sonrasında, 100 mT’nın çimlenme hızı ve oranını, fide yaş ve kuru ağırlığını, kök ve sürgün uzunluğunu artırdığı ayrıca,  $\alpha$ -amilaz enzim aktivitesini ve toplam çözülebilir şeker miktarını da artırdığı belirlenmiştir (Afzal vd. 2016). Domateste ise 80 ve 120 mT manyetik priming sonrası gelişen bitkilerin kök, gövde ve yaprak gelişimi kontrol grubundan daha yüksek olduğu, fide aşamasında ise kök ve sürgün uzunluğu, kök ve sürgün yaş-kuru ağırlığı ve yaprak alanının uygulama yapılmış tohumlarda önemli derecede arttığı belirlenmiştir (De Souza vd. 2005). Ayrıca, hiyarda farklı sürelerde 100-250 mT manyetik priming uygulamasının çimlenme oranı, fide uzunluğu ve kuru ağırlığını arttığı, hidrolitik ve antioksidant enzim aktivitelerinde de artış

olduğu saptanmıştır (Bhardwaj vd. 2012). Soya fasulyesinde 1 saat süre ile 200 mT manyetik priming uygulamasının bitki gelişimi üzerine tuz stresinin olumsuz etkilerini azalttığı belirlenmiştir (Kataria vd. 2019).

Manyetik priming uygulamalarına benzer olarak, elektropriming uygulamaları da son yıllarda kullanılmaya başlanan diğer priming tekniklerinden biridir. Bu teknikte, tohumlar önceden belirlenmiş süre ve dozda elektrik alana maruz bırakılarak uygulama yapılmaktadır. Elektrik alan uygulaması tohumlarda bulunan serbest radikalleri ve antioksidant enzim aktivitesini içeren biyokimyasal süreci etkileyerek tohum gücünde artışa neden olmaktadır (Huang vd. 2006). Örneğin, hıyarda hidropriming ve 1-7 kV/cm 1-5 dakika elektrik tohum uygulamasını karşılaştırdıklarında, hidropriming uygulamasının çimlenme hızını artırırken, elektrik uygulamasının çimlenme yüzdesini artırdığı saptanmıştır (Huang vd. 2006). Hidropriming gibi su ile yapılan tohum uygulamaları ucuz ve kolay teknik olmalarına rağmen, uygulama süresi ve tohum neminin kontrol altına alınması zordur. Elektrik uygulamasında ise böyle bir problemin olmaması önemli bir avantaj sağlamaktadır. Her iki yöntemin de birlikte uygulandığı bir çalışmada, bu hibrit priming tekniğinin tohum gücünü artırdığı, sadece hidropriming uygulamasına göre uygulama süresini kısalttığı, yalnız elektrik uygulamasına göre ise priming etkisinin daha uzun sürdüğü saptanmıştır (Zhao vd. 2018).

### 3.11. Radyasyon uygulaması

Klasik priming tekniklerine alternatif olarak su alımı ve uygulama sonrası tohumların depolanabilmesi ile ilgili problemlerin olmadığı diğer bir yöntemdir. Özellikle farklı tipte elektromanyetik radyasyonlar, gama ışınları, yüksek enerjili elektronlar, ultrasonik radyasyon, mikrodalga, ultraviyole (UV) ve yüksek enerji radyasyonlar tohumda mikrobiyal bulaşıklığı azaltmak, tohum çimlenmesi ve fide gelişimini artırmak amacıyla kullanılmaktadır (Sorrentino vd. 2024). İyonize radyasyon uygulamalarının bir takım fiziksel ve kimyasal süreçleri aktive ederek tohumdaki biyolojik sistemleri etkilemektedir. Düşük dozlarda iyonize radyasyon uygulaması bazı bitki türlerinde gelişimi uyarıcı ayrıca fide gelişimini olumsuz etkileyen mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyici özelliktedir. Diğer iyonize radyasyon tekniklerine göre gama radyasyonun daha etkili ve daha güçlü nüfuz etmektedir (Sinha ve Kumar 2020). Gama radyasyonu hücrenin canlı kalması için gerekli olan fizyolojik ve

biyokimyasal süreçleri etkilemektedir. Uygulanacak radyasyonun dozu ve süresi optimize edilmelidir. Buğdayda düşük doz UV radyasyon uygulamasının antioksidant enzim aktivitesini artırdığı ancak sürenin artmasıyla birlikte lipid peroksidasyonunda artış olduğu belirlenmiştir (Rogozhin vd. 2000). Brokoli tohumlarına elektron ve gama ışınıyla yapılan uygulama sonrasında en yüksek çimlenme oranın 4 kGy dozundan elde edilmesine rağmen dozun artmasıyla birlikte fide uzunluğunda azalma, 6 kGy ve daha yüksek dozlarda ise köklerde kıvrılma meydana gelmiştir (Waje vd. 2009). Buğday tohumlarına düşük doz iyon ışınlarıyla uygulanan tohumlarda UV-B ışınının zararlı etkilerini azalttığı tespit edilmiştir (Zhao vd. 2012). Yine, marulda düşük doz X-ışını uygulamasının çimlenme hızını ve biyokütle üretimini artırdığı ve türlere göre dozların ve sürelerin optimize edilmesi gerektiği belirtilmiştir (Sorrentino vd. 2024). Mısırdaki değişik süre (0, 6 ve 12 saat) hidropriming ardından üç dozda (0, 10 ve 20 s) 600 W mikrodalga uygulamasında en iyi çimlenme oranı, çimlenme hızı ve çimlenme indeksi değerlerinin 10 s mikrodalga uygulaması ve 12 saat hidropriming dozundan elde edildiği saptanmıştır (Lazim 2023).

### 3.12. Tohum görüntüleme teknikleri

Daha az insan müdahalesi ile tohumlarda tahribata neden olmayan yöntemlerin kullanılması tarımsal üretim ve ıslah çalışmalarında büyük ilgi görmektedir. Modern görüntüleme teknolojileri, çoklu parametrelerin otomatik olarak görselleştirilmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, iki veya daha fazla görüntüleme tekniğinin kombinasyonu yeni fizikokimyasal araçların keşfedilmesine katkıda bulunmaktadır. Tohum kalitesinin otomatik olarak karakterize edilmesi için multispektral ve X-ışını görüntüleme teknolojilerinin kombinasyonlarından oluşan yeni yöntemler kullanılmaktadır. X-ışını görüntülerini kullanarak embriyonun incelenmesi için yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemde, tohumun yüzeyindeki durumlardan bağımsız olarak, tohumun içi (embriyo ve endosperm) görüntülenerek hasar oranı ya da canlılık gibi kriterler incelenebilmektedir.

X-ışınları ışık hızında hareket eden farklı dalga boylarına sahip elektromanyetik dalgalardır. Tohum gibi küçük materyeller için düşük enerjili (uzun dalga boylu) X-ışınlarının uygundur (ISTA, 2018). Bu yöntemde, böcek zararına uğramış veya fiziksel zararı olan tohumlar belirlenebilirken, embriyosu olmayan boş tohumlar da tespit edilebilmektedir. Bir yağlı tohum

olan *Jatropha curcas*'da yapılan çalışmada, farklı tohum partileri üzerinde refektans verilerini ve doğrusal röntgen sınıflarını kullanarak sınıflandırma modelleri geliştirilmiştir (Bianchini vd. 2021). Normal fideler, anormal fideler ve ölü fideler gibi kalite özelliklerini tahmin etmek için 940 nm'de refektans ve X-ışını verileri kullanılmıştır. Multispektral ve X-ışını görüntülemenin tohum fizyolojik performansı ile güçlü bir ilişkisi bulunduğu ve 940 nm'deki reaktans ve X-ışını verileri kullanarak tohum kalite özelliklerinin etkili bir şekilde tahmin edilebildiği belirlenmiştir. Domateste PEG ile yapılan priming sonrası X-ışını tekniği kullanılarak radyografik görüntüleme ile embriyolardaki morfolojik değişimler incelenmiş ve kontrol grubuna göre uygulanmış tohumların embriyolarında daha büyük hücresel farklılıklar saptanmıştır. Uygulama yapılan tohumların embriyo ve endospermeleri arasındaki boşlukların tohumun su almasıyla beraber azaldığı, embriyonun uzayarak tohum kabuğuna dayandığı görüntülenmiştir (Silveira vd. 2023). Özekin (2022) dört *Hypericum* türü tohumlarında X-ışını görüntüleme ile yaptığı çalışmada, türlere bağlı olarak boş tohum oranının %29,6 ile %54,8 arasında olduğunu ve tohumların çimlenme oranının düşük olmasının tohumların boş olmasından kaynaklandığını bildirmiştir.

Tohum kalitesini tahmin etmek için çeşitli geleneksel yöntemler ile görüntüleme teknikleri ve spektrum yöntemleri gibi bir çok yeni teknik kullanılmaya başlanmıştır. Xia vd. (2019) spektrum ve görüntü işleme analizi kullanarak yaptığı bir çalışmada, tohum canlılığı bakımından özellikle yakın kızılötesi spektroskopisi gibi yeni tekniklerin uygulamaları, hiperspektral ve multispektral görüntüleme, Raman spektroskopisi, kızılötesi termografi ve yumuşak X-ışını görüntüleme yöntemleri ile temel teoriler, temel bileşenler, göreceli kemometrik işlemler, analitik yöntemler ve tahmin doğruluklarını karşılaştırmıştır. Optik ya da görüntüleme tabanlı sistemlerin tohum canlılığını ve kalitesini belirlenmesinde daha objektif ve zararsız teknikler olduğunu belirtilmiştir. Yeni çıkan bu teknikler sayesinde tohum canlılığı hızlı, doğru, güvenilir ve basit bir şekilde değerlendirmektedir. Bu teknikler gelecekte daha pratik kullanım olanaklarının geliştirilmesine yeni yöntemlerin geliştirilmesini ve yaygınlaştırılmasını sağlayacaktır. Ayrıca bu teknikler tohumların sürdürülebilir ve tahribatsız karakterizasyonunda geleneksel tohum kalite analizlerinin subjektif yönlerinin giderilmesini sağlayacaktır (Bianchini vd. 2021).

#### 4. Sonuç

Priming teknolojileri dormansinin kırılmasında, kuraklık, tuzluluk, ekstrem sıcaklıklar ve patojenler, ağır metaller ve pestisitler gibi pek çok biyotik ve abiyotik streslerin olumsuz etkilerini minimize etmede oldukça önemlidir. Ekim öncesi uygulamaların bazıları tohuma nem sağlayarak çimlenme için gerekli metabolik olayları aktive ederken, bazıları da sert tohum kabuğunu aşındırma yöntemlerini kapsamaktadır. Bu süreçte amaç, tohumun çimlenmesi ile fide çıkışı sırasında karşılaşılan problemleri gidermektir. Su, tuz, bitki büyüme düzenleyici, besin maddesi, osmotik çözeltiler, katı ortamların kullanıldığı klasik priming tekniklerine alternatif olarak son yıllarda biyoprimering, nanopriming, plazmapriming, magnetoprimering, elektropriming, radyasyon uygulaması gibi yeni nesil teknikler geliştirilmiştir. Bunun yanı sıra yapılan bu uygulamaların tohumda meydana getirdiği morfolojik değişimler ile tohum canlılığını ve kalitesini belirlemede kullanılan görüntüleme teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle tohum görüntüleme tekniklerinin gelişmesi ve yaygınlaşmasıyla beraber tohumlarda doluluk ve boşluk oranı, uygulama sonrası embriyonun durumu, fiziksel zararlanma gibi karakterler hızlıca tespit edilebilecektir. Yeni geliştirilen bu tekniklerin kimyasal kullanımını azaltması, kolay uygulanabilmesi, yüksek miktarda tohum partilerine uygulanabilmesi, daha düşük maliyet gerektirmesi, uygulama süresinin kısa olması, tohuma zarar vermemesi, tohum yüzeyini steril etmesi ve uygulama sonrasında kurutma vb. fiziksel işlemler gerektirmemesi gibi pek çok avantajı bulunmaktadır. Hızla gelişen teknolojiyle birlikte bu tekniklerin de giderek gelişeceği hatta daha başka yeni teknikleri de ortaya çıkaracağı söylenebilir. Özellikle görüntü işleme teknikleriyle birlikte yapay zekanın kullanımıyla tohum kalitesinin daha doğru ve net bir şekilde ortaya konulmasının yakın gelecekte yaygınlaşacağı beklenmektedir.



**KAYNAKÇA**

- Abuamsha, R., Salman, M. & Ehlers, R. (2011). Improvement of seed bio-priming of oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) with *Serratia plymuthica* and *Pseudomonas chlororaphis*. *Biocontrol Science and Technology*, 21(2), 199-213. <https://doi.org/10.1080/09583157.2010.537311>
- Acharya, P., Jayaprakasha, G.K., Crosby, K.M., Jifon, J.L. & Patil, B.S. (2020). Nanoparticle-mediated seed priming improves germination, growth, yield, and quality of watermelons (*Citrullus lanatus*) at multi-locations in Texas. *Scientific Reports*, 10, 5037. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61696-7>
- Adegbuyi, E., Cooper, S.R. & Don, R. (1981). Osmotic priming of some herbage grass seed using polyethylene glycol (PEG). *Seed Science and Technology*, 9(3), 867-878.
- Adhikari, B., Adhikari, M., Ghimire, B., Adhikari, B.C., Park, G. & Choi, E.H. (2020). Cold plasma seed priming modulates growth, redox homeostasis and stress response by inducing reactive species in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Free Radical Biology and Medicine*, 156, 57-69.
- Afzal, I., Abbasi, K.Y., Iqbal, A., Younis, A., Bakhtavar, M.A. & Rehman, H.U. (2016). Enhancement of zinnia seed germination and seedling emergence through magnetic seed stimulation. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 15(5), 173-184.
- Afzal, I., Basra, S.M.A, Farooq, M. & Nawaz, A. (2006). Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, salicylic acid and ascorbic acid. *International Journal of Agriculture & Biology*, 8(1), 23-28.
- Afzal, I., Saleem, S., Skalicky, M., Javed, T., Bakhtavar, M.A., ul Haq, Z. & EL Sabagh, A. (2021). Magnetic field treatments improves sunflower yield by inducing physiological and biochemical modulations in seeds. *Molecules*, 26(7). <https://doi.org/10.3390/molecules26072022>
- Akbıyık, C. & Aktaş, H. (2022). Asetil salisilik asit solüsyonlarında ön çimlendirmenin havuç tohumlarının tuz stresi altında çimlenme ve çıkışı üzerine etkileri. *Eurasian J Bio Chem Sci*, 5(2), 62-68. <https://doi.org/10.46239/ejbcs.1050579>

- Almutairi, Z.M. & Alharbi, A. (2015). Effect of silver nanoparticles on seed germination of crop plants. *International Journal of Nuclear and Quantum Engineering*, 9(6), 689-693. <https://doi.org/10.24297/jaa.v4i1.4295>
- An, J., Hu, P., Li, F., Wu, H., Shen, Y., White, J.C., Tian, X., Li, Z. & Giraldo, J.P. (2020). Emerging investigator series: molecular mechanisms of plant salinity stress tolerance improvement by seed priming with cerium oxide nanoparticles. *Environ. Sci.: Nano*, 7, 2214-2228.
- Anand, K.V., Anugraga, A.R., Kannan, M., Singaravelu, G. & Govindaraju, K. (2020). Bio-engineered magnesium oxide nanoparticles as nano-priming agent for enhancing seed germination and seedling vigour of green gram (*Vigna radiata* L.). *Materials Letters*, 271: 127792.
- Ashraf, M. & Foolad, M.R. (2005). Pre-sowing seed treatment-A shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88, 223-271.
- Bhardwaj, J., Anand, A. & Nagarajan, S. (2012). Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds. *Plant Physiology and Biochemistry*, 57, 67-73.
- Bianchini, V.D.J.M., Mascarin, G.M., Silva, L.C.A.S., Arthur, V., Carstensen, J.M., Boelt, B. & Barboza da Silva, C. (2021). Multispectral and X-ray images for characterization of *Jatropha curcas* L. seed quality. *Plant Methods*, 17(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s13007-021-00709-6>
- Bradford, K.J. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under different field conditions. *Res. J. Agric. Biol. Sci.*, 22, 33-37.
- Brocklehurst, P.A. & Dearman, J. (1983). Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. II. Seedling emergence and plant growth. *Annals of Applied Biology*, 102(3), 585-593. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1983.tb02730.x>
- Bujalski, W., Nienow, A.W. & Gray, D. (1989). Establishing the large-scale osmotic priming of onion seeds by using enriched air. *Annals of Applied Biology*, 115(1), 171-176.
- Cao, Q., Li, G., Cui, Z., Yang, F., Jiang, X., Diallo, L. & Kong, F. (2019). Seed priming with melatonin improves the seed germination of waxy maize

- under chilling stress via promoting the antioxidant system and starch metabolism. *Scientific Reports*, 9(1), 15044.
- Cayuela, E., Pérez-Alfocea, F., Caro, M. & Bolarín, M.C. (1996). Priming of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plants grown under salt stress. *Physiologia Plantarum*, 96(2), 231-236. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1996.tb00207.x>
- Chang, S.M. & Sung, J.M. (1998). Deteriorative changes in primed sweet corn seeds during storage. *Seed Science and Technology*, 26(3), 613-626.
- Copeland, L.O. & McDonald, M.B. (1995). Principles of Seed Science and Technology. (Third Edition) New York and London: Chapman and Hall, pp. 409.
- Corbineau, F., Özbingöl, N.T. & El-Maarouf-Bouteau, H. (2023). Improvement of seed quality by priming: Concept and biological basis. *Seeds*, 2:101-115. <https://doi.org/10.3390/seeds2010008>
- Corbineau, F., Picard, M.A. & Côme, D. (1994). Germinability of leek seeds and its improvement by osmopriming. *Acta Horticulturae*, 371, 45-52.
- De Souza, A., García, D., Sueiro, L., Licea, L. & Porras, E. (2005). Pre-sowing magnetic treatment of tomato seeds: effects on the growth and yield of plants cultivated late in the season. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 3(1), 113-122.
- Dehkourdi, E.H., Chehrazi, M., Hosseini, H. & Hosseini, M. (2014). The effect of anatase nanoparticles (TiO<sub>2</sub>) on pepper seed germination (*Capsicum annum* L.). *Int. J. Biosci.*, 4(5), 141-145.
- Demir, I. & Okcu, G. (2004). Aerated hydration treatment for improved germination and seedling growth in aubergine (*Solanum melongena*) and pepper (*Capsicum annuum*). *Annals of Applied Biology*, 144, 121-123.
- Demir, I., Ermis, S. & Okcu, G. (2005). Effect of dehydration temperature and relative humidity after priming on quality of pepper seeds. *Seed Science and Technology*, 33(3), 563-569.
- Dobrin, D., Magureanu, M., Mandache, N.B. & Ionita, M.D. (2015). The effect of non-thermal plasma treatment on wheat germination and early growth. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 255-260.

- Espanany, A., Fallah, S. & Tadayyon, A. (2016). Seed priming improves seed germination and reduces oxidative stress in black cumin (*Nigella sativa*) in presence of cadmium. *Industrial Crops and Products*, 79, 195-204.
- Faisal, M., Saquib, Q., Alatar, A.A., Al-Khedhairi, A.A., Hegazy, A.K. & Musarrat, J. (2013). Phytotoxic hazards of NiO-nanoparticles in tomato: A study on mechanism of cell death. *Journal of Hazardous Materials*, 250, 318-332.
- Feizi, H. & Javedanipour, E. (2021). Titanium dioxide nanoparticles and magnetic field stimulate seed germination and seedling growth of *Cannabis sativa* L. *Romanian Agricultural Research*, 38, 69-77.
- Forni, C. & Borromeo, I. (2023). The utilization of seed priming as a tool to overcome salt and drought stresses: Is still a long way to go?, *Seeds*, 2, 406-420. <https://doi.org/10.3390/seeds2040031>
- Forni, C., Duca, D. & Glick, B.R. (2017). Mechanisms of plant response to salt and drought stress and their alteration by rhizobacteria. *Plant Soil*, 410, 335-356.
- Frett, J.J. & Pill, W.G. (1989). Germination characteristics of osmotically primed and stored *Impatiens* seeds. *Scientia Horticulturae*, 40, 171-179.
- Ghobadi, M., Abnavi, M.S., Honarmand, S.J., Ghobadi, M.E. & Mohammadi, G.R. (2012). Effect of hormonal priming (GA<sub>3</sub>) and osmopriming on behavior of seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Science*, 4(9), 244-250.
- González-Melendi, P., Fernandez-Pacheco, R., Coronado, M.J., Corredor, E., Testillano, P.S., Risuen, M.C., Marquina, C., Ibarra, M.R., Rubiales, D. & Perez-De-Luque, A. (2008). Nanoparticles as smart treatment-delivery systems in plants: assessment of different techniques of microscopy for their visualization in plant tissues. *Annals of Botany*, 101, 187-195.
- Grzesik, M. & Nowak, J. (1998). Effects of matricconditioning and hydropriming on *Helichrysum bracteatum* L. seed germination, seedling emergence and stress tolerance. *Seed Science and Technology*, 26(2), 363-376.
- Guha, T., Ravikumar, K.V.G., Mukherjee, A., Mukherjee, A. & Kundu, R. (2018). Nanopriming with zero valent iron (nZVI) enhances germination and growth in aromatic rice cultivar (*Oryza sativa* cv. Gobindabhog L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 127, 403-413.

- Hampton, J.G. & Tekrony, D.M. (1995). Handbook of vigour test methods. 3<sup>rd</sup> Ed. International Seed Testing Association, Zurich.
- Heydecker, W. (1973). Germination of an idea: The priming of seeds. University of Nottingham School of Agriculture Report, 1973/1974, 50-67.
- Huang, R., Sukprakarn, S., Phavaphutanon, L., Juntakool, S. & Chaikul, C. (2006). A comparison of electric field treatments to hydropriming on cucumber seed germination enhancement. *Agriculture and Natural Resources*, 40(3), 559-565.
- Imran, M., Mahmood, A., Römheld, V. & Neumann, G. (2013). Nutrient seed priming improves seedling development of maize exposed to low root zone temperatures during early growth. *European Journal of Agronomy*, 49, 141-148.
- Ingale, V.B., Pathak, S. (2023). Seed priming methods: Applications and future perspectives. *Just Agriculture*, 3(12), 401-407.
- Iqbal, M., Muhammad, D., Haq, Z., Jamil, Y. & Ahmad, M.R. (2012). Effect of pre-sowing magnetic field treatments to garden pea seeds on germination and seedling growth. *Pakistan Journal of Botany*, 44, 1851-1856.
- ISTA (2018). International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.
- Jiang, X. F., Weng, Q., Wang, X. B., Li, X., Zhang, J., Golberg, D. & Bando, Y. (2015). Recent progress on fabrications and applications of boron nitride nanomaterials: a review. *Journal of Materials Science & Technology*, 31(6), 589-598.
- Junges, E., Brião Muniz, M.F., Bastos, B.D.O. & Oruoski, P. (2016). Biopriming in bean seeds. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B- Soil and Plant Science*, 66(3), 207-214. <http://dx.doi.org/10.1080/09064710.2015.1087585>
- Kandemir, H., Aydın, F., Güler, B. & Gürel, A. (2021). Soğuk plazma teknolojisi ve tarımdaki çeşitli uygulama alanları. *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*, 35(1), 217-245.
- Kataria, S., Baghel, L., Jain, M. & Guruprasad, K.N. (2019). Magnetopriming regulates antioxidant defense system in soybean against salt stress.

- Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 18, 101090  
<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101090>
- Katoch, S., Salwan, R. & Sharma, V. (2022). Nanopriming technology for improving crop plants under stressful conditions: concept and methods. *Nano-enabled Agrochemicals in Agriculture*, 159-174.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91009-5.00009-4>
- Kaya, G., Demir, İ, Tekin, A., Yaşar, F. & Demir, K. (2010). Priming uygulamasının biber tohumlarının stres sıcaklıklarında çimlenme, yağ asitleri, şeker kapsamı ve enzimatik aktivitesi üzerine etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 16, 9-16.
- Kaya, M.D., Okçu, G., Atak, M., Çıkılı, Y. & Kolsarıcı, Ö. (2006). Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24, 291-295.
- Khan, H.A., Ayub, C.M., Pervez, M.A., Bilal, R.M., Shahid, M.A. & Ziaf, K. (2009). Effect of seed priming with NaCl on salinity tolerance of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) at seedling stage. *Soil Environ.*, 28, 81-87.
- Khan, M.N., Fu, C., Li, J., Tao, Y., Li, Y., Hu, J., Chen, L, Khan, Z., Wu, H. & Li, Z. (2023). Seed nanopriming: How do nanomaterials improve seed tolerance to salinity and drought? *Chemosphere*, 310, 136911.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136911>
- Kumar, V.K. & Rajalekshmi, R. (2021). Effect of hydro-, halo- and osmopriming on seed germination and seedling performance of *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC. (winged bean). *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 24, 411-428.
- Lazim, S.K. (2023). Evaluation of maize (*Zea mays* L.) germination traits by hydro-and microwave. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 10(11), 144-151. doi:10.36347/sjavs.2023.v10i11.001.
- Lechowska, K., Kubala, S., Wojtyła, Ł., Nowaczyk, G., Quinet, M., Lutts, S. & Garnczarska, M. (2019). New insight on water status in germinating *Brassica napus* seeds in relation to priming-improved germination. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(3), 540.
- Li, Y, Liang, L., Li, W., Ashraf, U., Ma, L., Tang, X., Pan, S., Tian, H. & Mo, Z. (2021). ZnO nanoparticle-based seed priming modulates early growth

- and enhances physio-biochemical and metabolic profiles of fragrant rice against cadmium toxicity. *Journal of Nanobiotechnology*, 19, 75. <https://doi.org/10.1186/s12951-021-00820-9>
- Liu, Y., Li, M., Yao, D. & Zhu, Y. (2010). Effects of priming treatment with vermiculite on seed germination and seedling growth of lettuce under high temperature stress. *Acta Agriculturae Shanghai*, 26(3), 56-59.
- Mahakham, W., Sarmah, A. K., Maensiri, S. & Theerakulpisut, P. (2017). Nanopriming technology for enhancing germination and starch metabolism of aged rice seeds using phytosynthesized silver nanoparticles. *Scientific Reports*, 7(1), 8263.
- Mahmoudi, H., Massoud, R.B., Baatour, O., Tarchoune, I., Salah, I.B., Nasri, N., Abidi W., Kaddour, R., Hannoufa, A., Lachaâl, M. & Ouerghi, Z. (2012). Influence of different seed priming methods for improving salt stress tolerance in lettuce plants. *Journal of Plant Nutrition*, 35(12), 1910-1912.
- Mal, D., Verma, J., Levan, A., Reddy, M.R., Avinash, A.V. & Velaga, P.K. (2019). Seed Priming in Vegetable Crops: A Review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 8(6), 868-874.
- McDonald, M.B. (2000). Seed priming. In: Black M, Bewley JD (eds) *Seed technology and its biological basis*. Sheffield Academic Press, Sheffield. p.287-325.
- Milošević, M., Vujaković, M. & Karagić, D. (2010). Vigour tests as indicators of seed viability. *Genetika*, 42, 103-118.
- Mosavikia, A.A., Mosavi, S.G., Seghatoleslami, M. & Baradaran, R. (2020). Chitosan nanoparticle and pyridoxine seed priming improves tolerance to salinity in milk thistle seedling (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(1), 221-233. <https://doi.org/10.15835/nbha48111777>.
- Natsuki, J., Natsuki, T. & Hashimoto, Y. (2015). A review of silver nanoparticles: synthesis methods, properties and applications. *Int. J. Mater. Sci. Appl*, 4(5), 325-332.
- Nciizah, A.D., Rapetsoa, M.C., Wakindiki, I.I.C. & Zerizghy, M.G. (2020). Micronutrient seed priming improves maize (*Zea mays*) early seedling growth in a micronutrient deficient soil. *Heliyon*, 6(8), e04766. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04766

- Nile, S.H., Thiruvengadam, M., Wang, Y., Samynathan, R., Shariati, M.A., Rebezov, M. & Kai, G. (2022). Nano-priming as emerging seed priming technology for sustainable agriculture-recent developments and future perspectives. *Journal of Nanobiotechnology*, 20(1), 1-31. <https://doi.org/10.1186/s12951-022-01423-8>
- Oliveira, C.E.D.S., Steiner, F., Zuffo, A.M., Zoz, T., Alves, C.Z. & Aguiar, V.C.B.D. (2019). Seed priming improves the germination and growth rate of melon seedlings under saline stress. *Ciência Rural*, 49, e20180588, <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20180588>
- Oliveira, I.D.R., Barrozo, L.M., Zuffo, A.M., Lopes, L.C.D.S., Santos, J.C.D., Zanatta, T.S.D. C. & Ratke, L. (2022). Osmopriming in seeds of *Helianthus annuus* L. *Journal of Agricultural Science*, 14(9), 78.
- Özekin, B. (2022). Bazı *Hypericum* spp. türlerinin çimlenme performansları ve çimlenmeyi artırıcı uygulamaların belirlenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), 42s.
- Parera, C. & Cantliffe, D.J. (1994). Presowing seed priming. In book: *Horticultural Reviews*, 16:109-141.
- Pill, W.G. & Necker, A.D. (2001). The effect of seed treatment on germination and establishment of Kentucky blue grass (*Poa pretenses* L.). *Seed Science and Technology*, 29, 65-72.
- Pill, W.G., Frett, J.J. & Williams, I.H. (1997). Matric priming of Kentucky bluegrass and tall fescue seeds benefits seedling emergence. *HortScience*, 32(6), 1061-1063.
- Prasad, R., Bhattacharyya, A. & Nguyen, Q.D. (2017). Nanotechnology in Sustainable Agriculture: Recent Developments, Challenges, and Perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1014.
- Qiu, Q., Li, M., Yao, D., Chen, L. & Zhu, Y. (2009). Effects of priming treatment with vermiculite on the seed germination and seedlings' antioxidant characteristics of hot pepper under NaCl stress. *Acta Agriculturae Shanghai*, 25(3), 47-50.
- Rachmawati, D., Aisy, S.P. & Novanursandy, N.B. (2023). Effect of seed priming on growth and physiological responses of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) under salinity stress. 8th International



- Conference on Climate Change (8TH-ICCC). 1165:012016 pp:1-8  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1165/1/012016>
- Raza, A., Tahir, M.A., Noor-Us-Sabah, Shah, S.H., Sarwar, G. & Manzoor, M.Z. (2023). Seed priming with zinc ion on growth performance and nutrient acquisition of maize in arid soils. *Pakistan Journal of Botany*, 55(4), 1365-1374. [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2023-4\(26\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2023-4(26))
- Reis, R.D.G.E., Guimarães, R.M., Vieira, A.R., Gonçalves, N.R. & Costa, V.H. (2012). Physiological quality of osmoprimed eggplant seeds. *Ciência e Agrotecnologia*, 36, 526-532.
- Rosinska, A., Andrzejak, R. & Kakkerla, V. (2023). Effect of osmopriming with melatonin on germination, vigor and health of *Daucus carota* L. seeds. *Agriculture*, 13(4), 749. <https://doi.org/10.3390/agriculture13040749>
- Sadhu, S., Thirumdas, R., Deshmukh, R.R. & Annapure, U.S. (2017). Influence of cold plasma on the enzymatic activity in germinating mung beans (*Vigna radiate*). *LWT*, 78, 97-104.
- Selovic, A., Karalija, E., Demir, A., Paric, A. & Šamec, D. (2023). The effect of hydro-priming and proline priming of lettuce (*Lactuca sativa* L.) seeds on germination, photosynthetic pigments and metal metabolism under cadmium stress. *Agriculture*, 13, 1472. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081472>
- Shaheen, H.L., Iqbal, M., Azeem, M., Shahbaz, M. & Shehzadi, M. (2016). K-priming positively modulates growth and nutrient status of salt-stressed cotton (*Gossypium hirsutum*) seedlings. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(6), 759-768.
- Shang, Y., Hasan, M.K., Ahammed, G.J., Li, M., Yin, H. & Zhou, J. (2019). Applications of nanotechnology in plant growth and crop protection: a review. *Molecules*, 24(14), 2558. <https://doi.org/10.3390/molecules24142558>.
- Shelar, A., Singh, A.V., Dietrich, P., Maharjan, R.S., Thissen, A., Didwal, P.N., Shinde, M., Laux, P., Luch, A., Manthe, V., Jahnke, T., Chaskar, M. & Patil, R. (2022). Emerging cold plasma treatment and machine learning prospects for seed priming: a step towards sustainable food production. *RSC Advances*, 12(17), 10467-10488.

- Silveira, A.D.S., Pinheiro, D.T., Oliveira, R.M.D., Dias, D.C.F.D.S. & Silva, L.J.D. (2023). Osmopriming with selenium: physical and physiological quality of tomato seeds in response to water deficit. *Journal of Seed Science*, 45, e202345012.
- Sinha, V. & Kumar, A. (2020). Methods of seed enhancement. *Advances in Seed Production and Management*, [https://doi.org/10.1007/978\\*981-15-4198-8](https://doi.org/10.1007/978*981-15-4198-8)
- Soni, A.T., Rookes, J.E. & Arya, S.S. (2023). Chitosan nanoparticles as seed priming agents to alleviate salinity stress in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *Polysaccharides*, 4, 129-141. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides4020010>
- Srivastava, G., Das, C.K., Das, A., Singh, S.K., Roy, M., Kim, H., Sethy, N., Kumar, A., Sharma, R.K., Singh, S.K., Philip, D. & Das, M. (2014). Seed treatment with iron pyrite (FeS<sub>2</sub>) nanoparticles increases the production of spinach. *RSC Advances*, 4, 58495–504. <https://doi.org/10.1039/c4ra06861k>.
- Şehirali, S. (1997). Tohumluk ve Teknolojisi. 422s. Fakülteler Matbaası, İstanbul.
- Tamindžić, G., Ignjatov, M., Miljaković, D., Červenski, J., Milošević, D., Nikolić, Z. & Vasiljević, S. (2023). Seed priming treatments to improve heat stress tolerance of garden pea (*Pisum sativum* L.). *Agriculture*, 13(2), 439.
- Tamošiūnė, I., Gelvonauskienė, D., Haimi, P., Mildažienė, V., Koga, K., Shiratani, M. & Baniulis, D. (2020). Cold plasma treatment of sunflower seeds modulates plant-associated microbiome and stimulates root and lateral organ growth. *Frontiers in Plant Science*, 11, 568924.
- Tiwari, T.N. & Katiyar, P.K. (2021). Seed osmo-priming in chickpea enhances seed quality and crop performance under normal and water deficit conditions. *Legume Research*, 1-8. <https://doi.org/10.18805/LR-4544>
- Xia, Y., Xu, Y., Li, J., Zhang, C. & Fan, S. (2019). Recent advances in emerging techniques for non-destructive detection of seed viability: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 1, 35-47.
- Yang, R., Li, Y. & Li, J. (2018). Effects of vermiculite priming on germination, seedling growth and physiological characteristics of tomato under salt stress. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 46(4), 135-139.

- Zayed, M.M., Elkafafi, S.H., Zedan, A.M. & Dawoud, S.F. (2017). Effect of nano chitosan on growth, physiological and biochemical parameters of *Phaseolus vulgaris* under salt stress. *Journal of Plant Production*, 8(5), 577-585.
- Zhao, S., Huang, Q., Yang, P., Zhang, J., Jia, H. & Jiao, Z. (2012). Effects of ion beams pretreatment on damage of UV-B radiation on seedlings of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 168(8), 2123-2135. <https://doi.org/10.1007/s12010-012-9922-2>
- Zhao, Y., Hu, M., Gao, Z., Chen, X. & Huang, D. (2018). Biological mechanisms of a novel hydro-electro hybrid priming recovers potential vigor of onion seeds. *Environmental and Experimental Botany*, 150, 260-271.

## BÖLÜM 9

### ABİYOTİK STRES KOŞULLARINDA SALİSİLİK ASİDİN TARLA BİTKİLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Arş. Gör. Rukiye KILIÇ<sup>1</sup>

Prof. Dr. Emine KARADEMİR<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10890225>

---

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt.  
rukiye.kilic@siirt.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-1515-9287

<sup>2</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt.  
eminekarademir@siirt.edu.tr ORCID No: 0000-0001-6369-1572

\*Sorumlu yazar: rukiye.kilic@siirt.edu.tr



## GİRİŞ

Bitkiler doğal ortamlarında buldukları konum ve iklime göre birçok abiyotik stresten etkilenmektedir (Delangiz ve ark., 2022). Su (yetersiz veya fazla su), ışık (kalitesi, süresi ve şiddeti), sıcaklık, ağır metaller ve tuzluluk başlıca abiyotik stres faktörleridir (Taiz ve ark., 2015). Bu tür stresler bitkilerin genetik potansiyellerini gerçekleştirilmesini engelleyerek verim ve kalitede kayıplara neden olur (Rodriguez ve ark., 2005). Beslenme açısından oldukça önemli olan tarla bitkilerinin, çıkış ve gelişme esnasında abiyotik stres sebebiyle verimlerinin %50'den daha fazla miktarda azaldığı rapor edilmiştir (Wang ve ark., 2003). Abiyotik stres, bitki büyümesini ve verimliliğini olumsuz yönde etkileyen bir dizi morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişikliğe yol açar (Wang ve ark., 2000). Kuraklık, tuzluluk ve aşırı sıcaklık, bitki verimliliğini sınırlayan başlıca olumsuz çevresel faktörlerdir (Rodríguez ve ark., 2005). Tarla bitkileri doğal koşullar altında birden fazla stres kombinasyonuna maruz kalır ve bu durum tek bir stresten daha fazla bitkilerde büyüme süreçlerini bozar ve sonuçta bitki büyümesinde, gelişmesinde ve genel üretkenliğinde azalmalara neden olur (Khan ve ark., 2015; Zandalinas ve ark., 2022). Örneğin ısı stresi sırasında bitkiler terleme yoluyla yapraklarını soğutmak için stomalarını açarlar. Ancak sıcaklık stresi kuraklıkla birleştiğinde bitkiler stomalarını açamayarak fotosentezin baskılanmasına, solunumun artmasına ve yaprak sıcaklıklarının artmasına neden olur (Rizhsky ve ark., 2002; Mittler, 2006). Çoğu bitki kökleriyle toprağa bağlanarak hareketsiz yapıları nedeniyle streslerden uzaklaşarak değil stres mekanizmalarıyla kendilerini savunabilmektedir.

Bitki savunmasında önemli bir sinyal molekülü olan salisilik asit (SA), bitkiler tarafından sentezlenen ve bitkilerin her kısmında bulunan bir bitki hormonudur (Raskin ve ark., 1990, Raskin, 1992, Shah, 2003, Yusuf ve ark., 2013). Bitkiler, stres koşullarında hayatta kalabilmek için savunma sisteminin derecesini artırmak için desteğe ihtiyaç duyabilir. Bitki stres direncinin artırılması tarımsal üretkenlik ve ayrıca çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahiptir çünkü stres direnci zayıf olan bitkiler çok fazla su ve gübre tüketir ve çevreye büyük yük getirir (Zhu, 2016). SA bitki tarafından sentezlendiğinde veya dışarıdan uygulandığında floem kanalıyla bitkinin farklı organlarına ulaşır ve bitki bünyesinde ilerler (Kleier, 1988; Rocher ve ark., 2006). SA bitkide fotosentetik mekanizma, çiçeklenme, membran geçirgenliği ve enzim aktiviteleri, tohum çimlenmesi, fide oluşumu, hücre büyümesi, solunum, stomaların kapanması, baklagillerde nodülasyon ve meyve verimi üzerinde etkilidir (Vlot et al., 2009; Yusuf ve ark., 2013, Çetinbaş-Genç ve Vardar, 2021). Salisilik asidin bitkilerde patojenlere karşı da tolerans sağladığı belirtilmektedir (Bagautdinova ve ark., 2022).

Bitkiler SA ile çeşitli şekillerde muamele edilebilir. Birinci yöntem, bitkilerin tohumlarını uygun SA konsantrasyonlarında 24 saat bekletmek, ikinci yöntem bitkilerin sulama suyuna SA çözeltisi eklemek, üçüncü yöntem ise yapraklara SA çözeltisi püskürtmektir (Delangiz ve ark., 2022). SA uygulamalarının, abiyotik strese karşı bitkilerdeki etkileri genellikle birbirleriyle farklıdır. Eksojen SA'nın etkisi, bitkinin türü ve gelişim aşaması, uygulama şekli ve SA'nın konsantrasyonu ve söz konusu bitkideki endojen seviyesi gibi çok sayıda faktöre bağlıdır (Horváth ve ark., 2007). Ayrıca stres altında SA, diğer bitki hormonlarıyla (örn. oksinler, absisik asit, gibberellin) etkileşime girebilir

ve antioksidan bileşiklerin ve enzimlerin uyarılmasını teşvik ederek bitkide dayanıklılığı sağlayabilir (Sharma ve ark., 2020). Ayrıca SA ile silisyumun (Si) yapraktan uygulanması ile pamukta fizyolojik değişkenlerin olumlu yönde etkilendiği ve böylece fotosentezin, stoma iletkenliğinin ve su kullanım verimliliğinin arttığı rapor edilmiştir (Barros ve ark., 2019).

### **Salisilik asidin kuraklık stresine etkileri**

Kuraklık stresi (su stresi), bitki verimliliğini sınırlayan en etkili abiyotik stres faktörüdür (Farooq ve ark., 2012; Mokrani ve Nabti, 2022). Kuraklık, bitkinin solunumunu, fotosentezini ve stoma hareketini engelleyerek bitki büyümesi ve fizyolojik metabolizmayı etkileyerek yapısal değişikliklere neden olur (Yang ve ark., 2021). SA, kuraklık stresine karşı bitki tepkilerini geliştiren bir bitki büyüme düzenleyicisi ve önemli bir fenolik bileşiktir. SA'nın yaprağa püskürtülmesiyle hem çözünür hem de hücre duvarına bağlı fenoliklerin birikerek kuraklık stresi toleransını aktifleştirebildiği belirtilmiştir (Latif ve ark., 2016).

SA, su dengesinin kontrolü ve antioksidan sistemin aktivasyonu yoluyla kuraklığa dayanıklılıktan sorumlu mekanizmaların düzenlenmesinde aktif rol oynayabilmektedir (Bandurska, 2013). Su stresi altındaki mısır fidelerine SA'nın eksojenik olarak uygulandığında, mısır bitkisinde kuraklık stresinin olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı olduğu ve verimi olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Elgamaal ve Maswada, 2013).

Çeltikte su stresinin etkisini hafifletmede SA uygulamasının dokularda, su potansiyelini koruduğu, hücre zarlarında bütünlüğü sağladığı, fotosentezin olumlu etkilendiği ve yapraktan SA



uygulamasının tohuma uygulanmasından daha etkili olduğu bildirilmiştir (Farooq ve ark., 2009). Ayrıca çeltikte tane veriminde SA eksojen uygulamasının su stresinin zararlı etkisini azaltarak verimde iyileşme sağladığı bildirilmiştir (El Sherbiny ve ark., 2022).

Buğdayda kuraklık nedeniyle azalan çimlenme oranının 10 mM SA'nın tohuma uygulanmasıyla %21 oranında arttığı, sürgün boyu ve su potansiyelini iyileştirdiği (Ilyas ve ark., 2017), prolin miktarını arttırarak genotiplerde kuraklık stresine karşı dayanıklılık potansiyelini artırdığı, stresle azalan potasyum miktarında artış gerçekleştiği ve bazı genotiplerde su stresi nedeniyle tane verimindeki kaybı azalttığı bildirilmiştir (Khan ve ark., 2022).

Patates bitkisine su stresi koşullarında yapraktan SA uygulamalarının vejetatif büyüme parametrelerinde artış gözlemlendiği, en yüksek değerlerin 0,2 g/L SA uygulaması ile elde edildiği bildirilmiştir (Metwaly ve El-Shatoury, 2017). Su stresi ve tam sulama koşullarında patates bitkilerine SA uygulaması ile verim, çözünür karbonhidrat, serbest fenol ve glutatyon miktarlarında farklılıklar elde ettiklerini belirtmişlerdir (Morovvat ve ark., 2022).

Pamuk bitkisinde kuraklık stresinin olumsuz etkilerini hafifletmede etkinlik bakımından sırasıyla salisilik asit, glisin betain ve prolin olduğu, SA'nın büyümeyi, verimi, lif özelliklerini olumlu yönde iyileştirdiği bildirilmektedir (Noreen ve ark., 2015). Pamukta su stresi koşullarında SA ve askorbik asidin birlikte uygulanmasının pamukta verim ve verim özelliklerinin olumlu yönde geliştiği bildirilmiştir (Aziz ve ark., 2018). Eksojen SA (0.5 mM) uygulamasının kısıntılı sulama koşullarında pamukta hücre zararlanma yüzdesini azalttığı, hücre

zarında termostabiliteyi iyileştirdiği ve daha yüksek yaprak proteini ürettiği belirtilmiştir (Hussain ve ark., 2020).

Ayçiçeğinde SA'nın (5 mg/L) eksojen uygulaması ile biyodizel üretim potansiyeli üzerindeki su eksikliğinin olumsuz etkisinin hafifletilmesinde oldukça etkili olabileceği belirtilmiştir (Khattak ve ark., 2021). Davodi ve ark., (2022), SA uygulamasının ayçiçeğinde hem kontrol hem de su stresi koşullarında tane verimini arttırdığını rapor etmişlerdir.

### **Salisilik asidin tuzluluk stresine etkileri**

Dünyada tarım alanlarının yaklaşık %20'si ve sulanan alanların %50'si tuzluluktan etkilenmektedir (Flowers ve Yeo, 1995). Tuzlu topraklar yüksek konsantrasyonda çözünebilir tuzlara sahiptir. EC (Elektriksel Kondüktivite) değeri  $\geq 4$  dS  $m^{-1}$  olduğunda yani yaklaşık olarak 40 mM NaCl olduğunda salin olarak sınıflandırılırlar (Munns, 2005; Sing ve ark., 2021). Tuzluluk, toprakta (toprak çözeltisi) ve sularda bulunan çözünmüş mineral tuzların konsantrasyonudur (Manchanda ve Garg, 2008). Toprak çözeltisinde aşırı iyon birikiminin başlıca nedeni uygunsuz sulama ve tuzlu sulama suyunun kullanılmasıdır. Sıcak ve kuru bölgelerde, yağış miktarını aşan yüksek buharlaşma ile toprağın üst tabakasında tuz konsantrasyonu artar (Ebert ve ark., 2002). Tuzlu topraklarda bitkiler strese girer ve gelişimi yavaşlar (Mokrani ve Nabti, 2022), yapraklarda yüksek oranda  $Na^+$  ve  $Cl^-$  birikmesine, stomaların kapanmasına ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumuna neden olur (Nazar ve ark., 2011). SA, tuz stresi altında bitki büyümesini ve besin kullanımını iyileştirmek için büyüme düzenleyicisi olarak kullanılabilir (Gunes ve ark., 2007).

Buğdayda SA uygulamasının, tuzluluğun neden olduğu zararlanmaları (sürgün, kök ve bin tane ağırlığı) hafiflettiği, protein içeriğini arttırdığı ve buğdayda tuz toleransını geliştirdiği (Abdi ve ark., 2022), tuzluluğun fide büyümesi üzerindeki zararlı etkisini hafiflettiği ve fide köklerinin apikal meristemindeki hücre bölünmesini artırarak bitki büyümesine yardımcı olduğu bildirilmektedir (Shakirova ve ark., 2003). Ayrıca antioksidanların üretiminin artmasını sağlayarak protein ve klorofilin serbest radikaller tarafından parçalanmasını engellediği, tane, sap verimi ve samanda potasyum içeriğini artırdığı bildirilmiştir (El-Nasharty ve ark., 2019).

Tuz stresinin arpa köklerinde büyüme parametrelerinde azalmaya neden olduğu, SA uygulamasının antioksidan savunma sistemini uyararak tuz stresine sebep olduğu, oksidatif hasarı azalttığı (Torun ve Ayaz, 2019), yüksek tane verimi ile tuz toleransını önemli ölçüde geliştirdiği ve en yüksek arpa verimi için optimum salisilik asit konsantrasyonlarının sırasıyla 0,85 ve 0,78 mM olduğu bildirilmiştir (Pirasteh-Anosheh ve ark., 2022). SA'nın eksojen uygulaması mısır üzerinde tuzun zararlı etkilerini ortadan kaldırdığı, bitki büyüme kriterlerini iyileştirdiği, fotosentezi aktive ederek mısırın tuz toleransını teşvik ettiği rapor edilmiştir (Khodary, 2004). Ayçiçeği bitkilerinde tuz stresli ortamda SA'nın eksojen uygulaması, büyümeyi, klorofil a ve b pigmentlerini, yaprak turgor potansiyelini, yaprak ve kökte  $Ca^{2+}$  konsantrasyonlarını iyileştirdiği bildirilmiştir (Noreen ve ark., 2011).

Tuzlu koşullarda yetiştirilen pamukta SA uygulamalarının ozmotik düzenleyicilerin miktarını artması ve hidrojen peroksiti ( $H_2O_2$ ) azaltmasıyla oksidatif stresi hafiflettiği (Dong ve ark., 2015), antioksidan enzimlerin aktivitesinin (katalaz, peroksidaz ve prolin) diğer

uygulamalara göre daha fazla olduğu (Noormohammadi ve ark., 2020), klorofil a ve b, bin tohum ağırlığı, biyolojik verim, çırçır randımanı ve lif veriminde önemli oranda artış sağladığı bildirilmiştir (Borzouyi ve ark., 2021). SA ve potasyum sitrat uygulamasının pamukta tuz stresi koşullarında yaprak kimyasal bileşiminin artmasına katkı sağladığı, büyüme ve verim karakterlerinin artmasında etkili olduğu (El-Beltagi ve ark., 2017), SA ve gibberellik asidin birlikte uygulanmasının  $\text{Na}^+$  toksisitesini azalttığı, besin alımını ve büyüme biyokütle birikimini arttırdığını bildirmişlerdir (Hamani ve ark., 2020). İn vitro koşullarda tuz stresi altında yabancı patates genotiplerine SA uygulamalarının kök büyümesinde, bitki su içeriğinde ve klorofil içeriğinde olumlu etkilerinin olduğu rapor edilmiştir (Zaki ve Radwan, 2022).

Eksojen SA (3  $\mu\text{M}$ ) uygulamasının bezelyede büyüme, verim bileşenleri, klorofil a ve b, toplam klorofil, fotosentez ve stoma iletkenliğini arttırarak tuz stresine karşı dayanıklılığı sağladığı bildirilmiştir (Naz ve ark., 2022). Soyada, SA (1.0 mM) uygulamasının tuz stresine karşı koruyucu özellik gösterdiği, tuz stresine karşı etkin tolerans artırıcı etkisi olduğu rapor edilmiştir (Baran ve Doğan, 2014).

### **Salisilik asidin sıcaklık stresine etkileri**

Küresel ısınmaya bağlı sıcaklık artışının, sıcaklık stresinin bitki gelişimi üzerindeki zararlı etkisi nedeniyle bitki büyümesini olumsuz etkileyeceği öngörülmektedir (Hatfield ve Prueger, 2015). Küresel hava sıcaklığının her on yılda bir 0,2 °C artacağı tahmin edilmektedir (Masson-Delmotte ve ark., 2019). Bitkilerde sıcaklık stresi, stres etkenine bağlı olarak yüksek sıcaklık, üşüme ve donma olmak üzere üç tipte sınıflandırılır. Sıcaklık stresine maruz kalan bitkilerde çimlenme

oranı ve fotosentez oranı düşer (Kai ve Iba, 2014). Üreme ve tane doldurma aşamalarındaki yüksek sıcaklık, tarla bitkilerinin verimini ve kalitesini ciddi şekilde azaltırken (Farooq ve ark., 2017), soğuk stresi kök uzamasını sınırlandırarak kök büyümesini kısıtlar ve bu yüzden topraktan besin ve su alımını sınırlar (Richner ve ark., 1996).

Bitkilerin sıcaklığa tepkileri, sıcaklığın derecesine, süresine, bitki türüne ve bitkinin gelişme dönemine bağlıdır. Bitkilerde ana tolerans mekanizmaları, stresin neden olduğu biyokimyasal ve fizyolojik değişiklikleri dengelemek için aktive edilir (Hasanuzzaman ve ark., 2013). SA uygulamasının birçok kültür bitkisinde ısı stresine toleransı tetiklemede etkili olduğu bulunmuştur. Optimal üstü sıcaklık koşullarında SA uygulaması, topraktan besin maddesi alımını artırarak ürünlerde verim kayıplarını azaltır (Ullah ve ark., 2022).

Pamukta SA (1.0 mM) uygulaması sıcaklık stresinin toksik etkilerini azaltmak için stres tolerans mekanizmasını tetikleyerek termotoleransı geliştirebileceği, hücre zarı hasarını ve dehidrasyonu azaltabileceği belirtilmiştir (Galani ve ark., 2016). Yapılan başka bir çalışmada; farklı sıcaklık stresi altındaki pamuk bitkisinde SA uygulaması ile lif kalitesi, verim bileşenleri ve fotosentezde önemli bir farklılık gözlenmediği bildirilmiştir (Sarwar ve ark., 2018). Mısır tohumlarında ortamın 5°C'den 25°C'ye artmasıyla birlikte çimlenme oranında artış görüldüğü, 25°C'nin üstündeki sıcaklıklarda çimlenme oranının azaldığı, optimum sıcaklıklarda (25°C) SA uygulamasının çimlenme özellikleri bakımından uygun olabileceği bildirilmiştir (Bahrabadi ve ark., 2022). Fasulye tohumlarının çimlenmesinde SA uygulamaları ile düşük ve yüksek sıcaklık derecelerinde ve tohumların çimlenme oranında artış sağladığı bildirilmiştir (Dadaşoğlu ve Ekinci,

2013). Ayrıca SA uygulamasının donma stresine karşı antioksidan enzimlerin miktarını artırarak yoncada dayanıklılığı artırdığı belirtilmiştir (Wang ve ark., 2023).

### **Salisilik asidin ağır metal stresine etkileri**

Ağır metaller, yüksek atom ağırlığına sahip, doğal olarak oluşan elementlerdir. Endüstriyel, evsel, tarımsal, tıbbi ve teknolojik uygulamalar sonucunda çevreye yayılmıştır (Tchounwou ve ark., 2012). Eksojen SA uygulaması ağır metal kaynaklı oksidatif hasarı azaltarak bitkilerin oksidatif sistemi aracılığıyla ve dolaylı olarak ağır metallerin bitki tarafından alınımını kısıtlayarak toksik etkiyi azaltabilir (Delangiz ve ark., 2022).

Bakır (Cu) kaynaklı uygulamaların pamukta kök ve sürgün büyümesini önemli ölçüde önlediği, SA ve askorbik asidin birlikte ön işleminin pamuk fidelerinin Cu stresi altında kök ve yaprak biyokütle üretimini artırdığı ve daha iyi bir büyüme gösterdiği bildirilmiştir (Mei ve ark., 2015). Fasulyede ise SA, kök ve sürgün büyümesini, klorofili ve proteini artırmış ve antioksidan aktiviteleri iyileştirmiştir (Zengin, 2014).

Kurşun (Pb) bitkiler için gerekli bir element olmasa da kolaylıkla emilir ve bitkinin farklı kısımlarında birikebilir. Bitkilerde fotosentezi engeller, mineral beslenmesini ve su dengesini bozar, hormonal durumu değiştirir, membran yapısını ve geçirgenliğini etkiler (Sharma ve Dubey, 2005). SA uygulaması, antioksidan reaksiyonun artırılması ve hidrolik iletkenliğin yeniden sağlanması yoluyla Pb'nin zararlı sonuçlarını hafifletir (Alamri et al., 2018).

Arseniğin (As) buğdayda toksik etkisi SA (1 mM) ön muamelesi ile arseniğin çimlenme parametreleri üzerindeki toksik etkisini kısmen

hafiflettiği, prolin ve malondialdehit (MDA) içeriğini önemli ölçüde düşürdüğü, klorofil ve protein içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Zengin, 2015).

SA uygulaması kadmiyum (Cd) alımını ve taşınmasını azaltır, karotenoid ve klorofil içeriklerinin artmasına yol açar (Saidi et al., 2013). Bezelyede SA ile tohum ön uygulaması, Cd'un büyüme, fotosentez, karboksilasyon reaksiyonları ve klorofil içeriği üzerindeki olumsuz etkisini hafiflettiği ve Cd'un neden olduğu oksidatif hasarın azaltılmasında rol oynadığı bildirilmiştir (Popova ve ark., 2009).

## SONUÇ

Bitkiler gelişme dönemleri boyunca abiyotik stres koşulları ile karşılaşmakta ve bu stres faktörleri nedeniyle verim ve kalite kayıpları yaşandığından dolayı gerçek performanslarına ulaşamamaktadırlar. Streslerin oluşturabileceği kayıpları önlemek ya da en aza indirebilmek için çözüm yollarından biri bitkilerin savunma mekanizmasını aktive etmektir. SA'nın bitkiler üzerinde abiyotik streslere karşı önemli etkileri olduğu ve stresin bitkide zararlı etkilerini hafifletebildiği yapılan çalışmalarda görülmüştür.

SA uygulamaları, tarla bitkilerinde farklı stres koşullarına karşı dayanıklılık sağlayabilmekte ve stresin oluşturduğu zararlı etkileri hafifletebilmektedir. SA, bitkilerde dehidrasyonu engelleyerek ve fotosentetik mekanizmayı düzenleyerek abiyotik streslerin olumsuz etkilerini hafifletebilir. Kuraklık, tuzluluk, yüksek veya düşük sıcaklık ve ağır metal stresinde SA uygulamalarının pamuk, buğday, arpa, ayçiçeği, mısır ve patates bitkilerinde önemli derecede stres kaynaklı

oluşan toksisiteyi fotosentez, hücre zarı ve su kullanım etkinliğinde iyileşmeyi sağlayarak hafifletebileceği anlaşılmıştır.

SA hem tek başına hem de silisyum gibi kimyasallarla veya hormon ve vitaminlerle kombinasyon halinde kullanılması durumunda streslere karşı etkili olabilmektedir. Bu tür uygulamaların abiyotik streslere karşı etkisini belirlemek için SA ile farklı kombinasyonların denenmesi ve farklı tarla bitkilerinde test edilmesi şeklinde araştırmaların planlanması gelecekteki olumsuz iklim koşullarının etkisini önlemek için önerilebilir.



## KAYNAKLAR

- Abdi, N., Van Biljon, A., Steyn, C., & Labuschagne, M. T. (2022). Salicylic acid improves growth and physiological attributes and salt tolerance differentially in two bread wheat cultivars. *Plants*, 11(14), 1853.
- Alamri, S. A. D., Siddiqui, M. H., Al-Khaishany, M. Y., Ali, H. M., Abdullah Al-Amri, A. A. A., & AlRabiah, H. K. (2018). Exogenous application of salicylic acid improves tolerance of wheat plants to lead stress. *Advances in Agricultural Science*, 6 (2), 25-35.
- Aziz, M., Ashraf, M., & Javaid, M. M. (2018). Enhancement in cotton growth and yield using novel growth promoting substances under water limited conditions. *Pak. J. Bot*, 50(5), 1691-1701.
- Bahrabadi, E., Tavakkol Afshari, R., Mahallati, M. N., & Seyyedi, S. M. (2022). Abscisic, gibberellic, and salicylic acids effects on germination indices of corn under salinity and drought stresses. *Journal of Crop Improvement*, 36(1), 73-89.
- Bagautdinova, Z. Z., Omelyanchuk, N., Tyapkin, A. V., Kovrizhnykh, V. V., Lavrekha, V. V., & Zemlyanskaya, E. V. (2022). Salicylic acid in root growth and development. *International journal of molecular sciences*, 23(4), 2228.
- Bandurska, H. (2013). Salicylic acid: an update on biosynthesis and action in plant response to water deficit and performance under drought. *Salicylic Acid: Plant growth and development*, 1, 1-14.
- Baran, A., & Doğan, M. (2014). Tuz stresi uygulanan soyada (*Glycine* Max L.) salisilik asidin fizyolojik etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(1), 78-84.
- Barros, T. C., de Mello Prado, R., Roque, C. G., Arf, M. V., & Vilela, R. G. (2019). Silicon and salicylic acid in the physiology and yield of cotton. *Journal of Plant Nutrition*, 42(5), 458-465.

- Borzouyi, Z., Armin, M., & Marvi, H. (2021). The effect of time and type of stress moderators on yield and yield components of cotton on conventional and double-cropping systems under saline conditions. *Journal of Cotton Research*, 4, 1-15.
- Çetinbaş-Genç, A., & Vardar, F. (2021). The role of salicylic acid in plant reproductive development. salicylic acid-a versatile plant growth regulator. *Salicylic Acid: Plant growth and development*, Springer Nature Switzerland, 35-45.
- Dadaşoğlu, E., & Ekinci, M. (2013). Farklı sıcaklık dereceleri, tuz ve salisilik asit uygulamalarının fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) tohumlarında çimlenme üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(2), 145-150.
- Davodi, S., Mirshekari, B., Mahmoudi, T. M., Farahvash, F., & Seta, S. Y. (2022). Evaluate the effect of salicylic acid and ascorbic acid on agronomic and antioxidant activities of Sunflower in water deficit conditions. *Plant Science Today*, 9(3), 705-713.
- Delangiz, N., Moghiseh, E., & Lajayer, B. A. (2022). Salicylic Acid-Mediated Regulation of Plant Biology: An Omics Approach. *Managing Plant Stress Using Salicylic Acid: Physiological and Molecular Aspects*, 16-26.
- Dong, Y. J., Wang, Z. L., Zhang, J. W., Liu, S., He, Z. L., & He, M. R. (2015). Interaction effects of nitric oxide and salicylic acid in alleviating salt stress of *Gossypium hirsutum* L. *Journal of soil science and plant nutrition*, 15(3), 561-573.
- Ebert, G., Eberle, J., Ali-Dinar, H., & Lüdders, P. (2002). Ameliorating effects of Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> on growth, mineral uptake and photosynthesis of NaCl-stressed guava seedlings (*Psidium guajava* L.). *Scientia Horticulturae*, 93(2), 125-135.

- El Sherbiny, H. A., El-Hashash, E. F., Abou El-Enin, M. M., Nofal, R. S., Abd El-Mageed, T. A., Bleih, E. M., ... & Shaaban, A. (2022). Exogenously applied salicylic acid boosts morpho-physiological traits, yield, and water productivity of lowland rice under normal and deficit irrigation. *Agronomy*, 12(8), 1860.
- El-Beltagi, H. S., Ahmed, S. H., Namich, A. A. M., & Abdel-Sattar, R. R. (2017). Effect of salicylic acid and potassium citrate on cotton plant under salt stress. *Fresen. Environ. Bull*, 26(1A), 1091-1100.
- Elgamaal, A. A., & Maswada, H. F. (2013). Response of three yellow maize hybrids to exogenous salicylic acid under two irrigation intervals. *Asian Journal of Crop Science*, 5(3), 264-274.
- El-Nasharty, A. B., El-Nwehy, S. S., Aly, E., El-nour, A. B. O. U., & Rezk, A. I. (2019). Impact of salicylic acid foliar application on two wheat cultivars grown under saline conditions. *Pak. J. Bot*, 51(6), 1939-1944.
- Farooq, M., Basra, S. M. A., Wahid, A., Ahmad, N., & Saleem, B. A. (2009). Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195(4), 237-246.
- Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., & Siddique, K. H. M. (2012). Drought stress in plants: an overview. *Plant responses to drought stress: From morphological to molecular features*, 1-33. Bray, E. A. (1997). *Plant responses to water deficit*. *Trends in plant science*, 2(2), 48-54.
- Farooq, M., Nadeem, F., Gogoi, N., Ullah, A., Alghamdi, S. S., Nayyar, H., & Siddique, K. H. (2017). Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases. *Crop and Pasture Science*, 68(11), 985-1005.
- Flowers, T. J., Yeo, A. R. (1995). Breeding For Salinity Resistance in Crop plants: Wherenext. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22(6), 875-884.

- Galani, S., Hameed, S., & Ali, M. K. (2016). Exogenous application of salicylic acid: inducing thermotolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedlings. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 5(4).
- Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E. G., & Cicek, N. (2007). Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of plant physiology*, 164(6), 728-736.
- Hamani, A. K. M., Wang, G., Soothar, M. K., Shen, X., Gao, Y., Qiu, R., & Mehmood, F. (2020). Responses of leaf gas exchange attributes, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in NaCl-stressed cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedlings to exogenous glycine betaine and salicylic acid. *BMC Plant Biology*, 20, 1-14.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M. M., Roychowdhury, R., & Fujita, M. (2013). Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *International journal of molecular sciences*, 14(5), 9643-9684.
- Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and climate extremes*, 10, 4-10.
- Horváth, E., Szalai, G., & Janda, T. (2007). Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26, 290-300.
- Hussain, N., Yasmeen, A., & Afzal, M. A. (2020). Exogenously applied growth promoters modulate the antioxidant enzyme system to improve the cotton productivity under water stress conditions. *Italian journal of agronomy*, 15(2), 165-171.
- Ilyas, N., Gull, R., Mazhar, R., Saeed, M., Kanwal, S., Shabir, S., & Bibi, F. (2017). Influence of salicylic acid and jasmonic acid on wheat under

- drought stress. Communications in soil science and plant analysis, 48(22), 2715-2723.
- Kai, H., & Iba, K. (2014). Temperature stress in plants. Encyclopedia of Life Sciences.
- Khan, M. A., Shirazi, M. U., Shereen, A., Khan, M. A., Mujtaba, S. M., Asma, S., & Baloch, S. (2022). Foliar applied of salicylic acid alleviated the detrimental effects of drought on various genotypes of wheat (*Triticuma estivium* L.). Pak. J. Bot, 54(2), 387-391.
- Khan, M. I. R., Fatma, M., Per, T. S., Anjum, N. A., & Khan, N. A. (2015). Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. Frontiers in plant science, 6, 462.
- Khattak, A., Ullah, F., Shinwari, Z. K., & Mehmood, S. (2021). The effect of titanium dioxide nanoparticles and salicylic acid on growth and biodiesel production potential of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under water stress. Pak. J. Bot, 53(6), 1987-1995.
- Khodary, S. E. A. (2004). Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. Int. J. Agric. Biol, 6(1), 5-8.
- Kleier, D. A. (1988). Phloem mobility of xenobiotics: I. Mathematical model unifying the weak acid and intermediate permeability theories. Plant Physiology, 86(3), 803-810.
- Latif, F., Ullah, F., Mehmood, S., Khattak, A., Khan, A. U., Khan, S., & Husain, I. (2016). Effects of salicylic acid on growth and accumulation of phenolics in *Zea mays* L. under drought stress. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science, 66(4), 325-332.
- Manchanda, G., & Garg, N. (2008). Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Acta Physiologiae Plantarum, 30, 595-618.

- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., ... & Waterfield, T. (2019). Global warming of 1.5 C. An IPCC Special Report on The Impacts of Global Warming of, 1, 93-174.
- Mei, L., Daud, M. K., Ullah, N., Ali, S., Khan, M., Malik, Z., & Zhu, S. J. (2015). Pretreatment with salicylic acid and ascorbic acid significantly mitigate oxidative stress induced by copper in cotton genotypes. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 9922-9931.
- Metwaly, E. E., & El-Shatoury, R. S. (2017). Impact of foliar application with salicylic acid on growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) under different irrigation water quantity. *Journal of Plant Production*, 8(10), 969-977.
- Mittler, R. (2006). Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in plant science*, 11(1), 15-19.
- Mokrani, S., & Nabti, E. (2022). Regulation of Plant Primary Metabolism by Salicylic Acid Under Abiotic Stress. *Managing Plant Stress Using Salicylic Acid, Physiological and Molecular Aspects*, 27-45.
- Morovvat, S. A., Haghghi, R. S., Darban, A. S., Noferest, K. S., & Salati, M. (2022). Effect of foliar application of chitosan and salicylic acid on potato (*Solanum tuberosum*) yield under low irrigation. *Applied Research in Field Crops*, 35, 54-71.
- Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 167(3), 645-663.
- Naz, S., Bilal, A., Saddiq, B., Ejaz, S., Ali, S., Tul, S., ... & Altaf, M. A. (2022). Foliar application of salicylic acid improved growth, yield, quality and photosynthesis of pea (*Pisum sativum* L.) by improving antioxidant defense mechanism under saline conditions. *Sustainability*, 14, 14180.
- Nazar, R., Iqbal, N., Syeed, S., & Khan, N. A. (2011). Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and

- sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. *Journal of Plant Physiology*, 168(8), 807-815.
- Noormohammadi, Z., Torabizadeh, E., Farahani, F., Alishah, O., & Sheidai, M. (2020). Genetic and physiological analysis of cotton cultivars under salt stress. *Genetika*, 52(2), 751-764.
- Noreen, S., Ashraf, M., & Akram, N. A. (2011). Does exogenous application of salicylic acid improve growth and some key physiological attributes in sunflower plants subjected to salt stress? *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 84(2), 169.
- Noreen, S., Zafar, Z. U., Hussain, K., Athar, H. U. R., & Ashraf, M. (2015). Assessment of economic benefits of foliarly applied osmoprotectants in alleviating the adverse effects of water stress on growth and yield of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 47(6), 2223-2230.
- Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G., Hasanuzzaman, M., Khanna, K., Bhardwaj, R., & Ahmad, P. (2022). Salicylic acid-mediated regulation of morpho-physiological and yield attributes of wheat and barley plants in deferring salinity stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41(3), 1291-1303.
- Popova, L. P., Maslenskova, L. T., Yordanova, R. Y., Ivanova, A. P., Krantev, A. P., Szalai, G., & Janda, T. (2009). Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47(3), 224-231.
- Raskin, I., Skubatz, H., Tang, W., & Meeuse, B. J. (1990). Salicylic acid levels in thermogenic and non-thermogenic plants. *Annals of Botany*, 66(4), 369-373.
- Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. *Annual review of plant biology*, 43(1), 439-463.
- Richner, W., Soldati, A., & Stamp, P. (1996). Shoot-to-root relations in field-grown maize seedlings. *Agronomy Journal*, 88(1), 56-61.

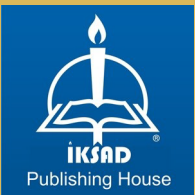
- Rizhsky, L., Liang, H., & Mittler, R. (2002). The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in tobacco. *Plant physiology*, 130(3), 1143-1151.
- Rocher, F., Chollet, J. F., Jousse, C., & Bonnemain, J. L. (2006). Salicylic acid, an ambimobile molecule exhibiting a high ability to accumulate in the phloem. *Plant Physiology*, 141(4), 1684-1693.
- Rodríguez, M., Canales, E., & Borrás-Hidalgo, O. (2005). Molecular aspects of abiotic stress in plants. *Biotecnología Aplicada*, 22(1), 1-10.
- Saidi, I., Ayouni, M., Dhieb, A., Chtourou, Y., Chaïbi, W., & Djebali, W. (2013). Oxidative damages induced by short-term exposure to cadmium in bean plants: protective role of salicylic acid. *South African Journal of Botany*, 85, 32-38.
- Sarwar, M., Saleem, M. F., Ullah, N., Rizwan, M., Ali, S., Shahid, M. R., ... & Ahmad, P. (2018). Exogenously applied growth regulators protect the cotton crop from heat-induced injury by modulating plant defense mechanism. *Scientific Reports*, 8(1), 17086.
- Shah, J. (2003). The salicylic acid loop in plant defense. *Current Opinion in Plant Biology*, 6(4), 365-371.
- Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A., & Fatkhutdinova, D. R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant science*, 164(3), 317-322.
- Sharma, A., Sidhu, G. P. S., Araniti, F., Bali, A. S., Shahzad, B., Tripathi, D. K., ... & Landi, M. (2020). The role of salicylic acid in plants exposed to heavy metals. *Molecules*, 25(3), 540.
- Sharma, P., & Dubey, R. S. (2005). Lead toxicity in plants. *Brazilian journal of plant physiology*, 17, 35-52.



- Singh, M., Nara, U., Kumar, A., Choudhary, A., Singh, H., & Thapa, S. (2021). Salinity tolerance mechanisms and their breeding implications. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(1), 173.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Abiotic Stress, Plant physiology and development*. Sinauer Associates Incorporated, 15
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Molecular, Clinical And Environmental Toxicology*, Springer Basel, Volume 3: Environmental Toxicology, 3, 133-164.
- Torun, H., & Ayaz, F. A. (2019). Tuz Stresi Koşullarında Salisilik Asidin Zamana Bağlı Uygulanmasının Arpa (*Hordeum Vulgare* L.) Köklerinin Antioksidan Savunma Sistemi Üzerine Etkileri. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 8(1), 69-84.
- Ullah, A., Hassan, M. U., Nadeem, F., Rehman, A., Shahzad, B., & Lee, D. J. (2022). How Does Salicylic Acid Regulate Mineral Nutrition in Plants Under Abiotic Stress? An Update. *Managing Plant Stress Using Salicylic Acid: Physiological and Molecular Aspects*, 66-85.
- Vlot, A. C., Dempsey, D. M. A., & Klessig, D. F. (2009). Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual review of phytopathology*, 47, 177-206.
- Wang, W. X., Vinocur, B., Shoseyov, O., & Altman, A. (2000). Biotechnology of plant osmotic stress tolerance physiological and molecular considerations. In *IV International Symposium on In Vitro Culture and Horticultural Breeding* 560 (pp. 285-292).
- Wang, W., Vinocur, B., & Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, 1-14.

- Wang, X., Miao, J., Kang, W., & Shi, S. (2023). Exogenous application of salicylic acid improves freezing stress tolerance in alfalfa. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1091077.
- Yang, X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z., & Chen, S. (2021). Response mechanism of plants to drought stress. *Horticulturae*, 7(3), 50.
- Yusuf, M., Hayat, S., Alyemeni, M. N., Fariduddin, Q., & Ahmad, A. (2013). Salicylic acid: physiological roles in plants. *Salicylic Acid: Plant Growth and Development*, 15-30.
- Zaki, H. E., & Radwan, K. S. (2022). The use of osmoregulators and antioxidants to mitigate the adverse impacts of salinity stress in diploid and tetraploid potato genotypes (*Solanum* spp.). *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9(1), 19.
- Zandalinas, S. I., Balfagón, D., Gómez-Cadenas, A., & Mittler, R. (2022). Responses of plants to climate change: Metabolic changes during abiotic stress combination in plants. *J. Exp. Bot*, 73, 3339-3354.
- Zengin, F. (2014). Exogenous treatment with salicylic acid alleviating copper toxicity in bean seedlings. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 84, 749-755.
- Zengin, F. (2015). Effects of exogenous salicylic acid on growth characteristics and biochemical content of wheat seeds under arsenic stress. *Journal of environmental biology*, 36(1), 249.
- Zhu, J. K. (2016). Abiotic stress signaling and responses in plants. *Cell*, 167(2), 313-324.





**ISBN: 978-625-367-685-8**