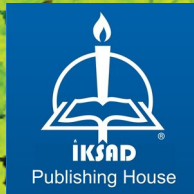


SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIMDA BİTKİ VE TOPRAK SAĞLIĞINI KORUMA STRATEJİLERİ

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ

Doç. Dr. Ahmet ÇELİK



SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIMDA BİTKİ VE TOPRAK SAĞLIĞINI KORUMA STRATEJİLERİ

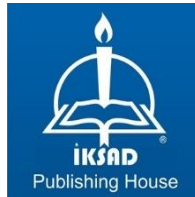
EDİTÖRLER

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ

Doç. Dr. Ahmet ÇELİK

YAZARLAR:

Prof. Dr. Erdal SAKİN
Doç. Dr. Cevher İlhan CEVHERİ
Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ
Dr. Emrah RAMAZANOĞLU
Dr. Öğrencisi Suat CUN
Dr. Öğrencisi Zemzem FIRAT



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. The first degree responsibility of the works in the book belongs to the authors.

Iksad Publications – 2024©

ISBN: 978-625-367-833-3

Cover Design: İbrahim KAYA
September/ 2024
Ankara / Turkey
Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ

Doç. Dr. Ahmet ÇELİK.....1

BÖLÜM 1

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SÜRECİNDE SOYA FASULYESİ (*Glycine max. L*) TARIMININ GELECEĞİ

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ

Prof. Dr. Erdal SAKİN

Dr. Öğrencisi Suat CUN.....3

BÖLÜM 2

REJENERATİF PAMUK TARIMININ SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE ÇEVREYE KATKISI

Doç. Dr. Cevher İlhan CEVHERİ25

BÖLÜM 3

TOPRAK SAĞLIĞININ BİTKİ FİZYOLOJİSİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Emrah RAMAZANOĞLU49

BÖLÜM 4

ARBÜSKÜLER MİKORİZAL MANTARLARIN (AMF) TOPRAK SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Öğrencisi Zenzem FIRAT65

BÖLÜM 5

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN PAMUKTA FOTOSENTEZ MEKANİZMASINA ETKİSİ

Doç. Dr. Cevher İlhan CEVHERİ91

BÖLÜM 6

TARIMSAL ÜRETİMDE ORGANİK PAMUK TARIMI

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ

Dr. Öğrencisi Suat CUN.....109

BÖLÜM 7

ANIZ YANGINLARININ TOPRAK SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Dr. Emrah RAMAZANOĞLU129

BÖLÜM 8

ORGANİK TARIMDA GİDYA VE BİYOKÖMÜR KULLANIMININ TOPRAK SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Öğrencisi Zemzem FIRAT151

ÖNSÖZ

Dünya nüfusunun hızla artması gelecekte tarımsal ürünlere olan talebin artmasına neden olacak olup, artan gıda talebi kullanılan arazilerde verimin iki katına çıkarılmasını gerektirecektir. Sağlıklı toprak ve bitki potansiyelinin sürdürülebilir gıda üretimine yönelik çalışmalara eş zamanlı endekslenmesi gerekmektedir. Optimum koşullarda iklim değişikliğini azaltarak ve tarımsal ekosistemlerin dayanımını sürdürerek ürün verimliliğindeki artış sürdürülebilir tarım ve çevre açısından vazgeçilmez bir hedeftir.

Dünyadaki yaşamın sürdürülebilir temel faktörlerinden biride toprak varlıklarıdır. Dünya yüzeyinde bitkilere ev sahipliği yapan toprakta, bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için ihtiyaç duyduğu herşey mevcuttur. Doğada alma-verme dengesi bozulduğunda sürdürülebilir tarım için toprak ve bitki sağlığının neden önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. İyileştirilen ve kalite düzeyi artırılan topraklarda; elde edilen hasatların kalitesini ve verimini iyileştirir, mevcut küresel ekosistem hizmetlerini korur ve karbon döngüsü ve ayrıca sera gazı emisyonlarının azaltılmasına önemli ölçüde katkı sunar. Toprak kalitesinin artırılması ve iyi bir arazi yönetimi ile toprakların özel ve veri odaklı değerlendirilmesi bitki ekim nöbeti, bitki örtüsü ve azaltılmış toprak işleme gibi sürdürülebilir uygulamalarla mümkündür.

Sürdürülebilir tarımda bitki ve toprak sağlığını korumanın bazı temel yöntemlerini toprak sağlığı açısından değerlendirmek gerekirse; Toprak koruma tekniklerinin etkin bir şekilde uygulanması, toprakların organik madde açısından desteklenmesi, toprak analizlerine göre gübreleme programlarının uygulanması ve tuzluluk yönetiminin kararlılıkla yönetilmesidir. Bitki Sağlığı açısından ise, bitkilerin sağlık durumunun çzellikle hastalık ve zararlı açısından düzenli olarak izlenmesi, monokültürden kaçınıp bitki çeşitliliğinin artırılması ile zararlıların ve hastalıkların

yayılmamasını engelleyebilir, kimyasal pestisitlerin yerine doğal zararlılar ve biyolojik mücadele yöntemlerinin kullanılması, suyun etkin yönetimi, bitkilerin genetik çeşitliliğinin artırılması hastalıklara ve iklim değişikliklerine karşı dayanıklılığı artırabilir.

Toprak sağlığının artırılması ile ilgili stratejiler belirlenirken, tarım ve çevre dostu gübre uygulamaları oldukça önemlidir. Optimum koşullarda hazırlanmış bir bitki besleme programı sadece ürün verimini arttırmakla kalmaz aynı zamanda uzun vadeli verimlilik artışında sağlamaktadır. Sağlıklı bir toprakta yetişen bitkinin hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığından meyve kalitesine ve lezzetine kadar her adımına katkı sunmaktadır. Toprakta çatala kadar ürünlerin geçirdiği süreç içerisinde insan sağlığı vazgeçilmez bir unsurdur. Yapılan bilimsel çalışmalarda, dünyada yaklaşık 2 milyardan fazla insan beslenmesinde mikro besin eksikliği yaşanmaktadır. Bu da beyin, kas ve bağışıklık sistemlerini doğrudan etkileyen parametreler olarak ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak, toprak ve bitki sağlığı, gıda üretiminin büyük bir çoğunluğunun toprağa bağımlı olması nedeniyle tarımsal üretimde oldukça önemlidir. Sağlıklı toprak ve bitki, yüksek verim, yüksek kaliteli ürünler ve uzun vadeli üretim potansiyeli için temel oluşturmaktadır. Sürdürülebilir tarımda toprak ve bitki sağlığı, sadece çevresel değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal açıdan da fayda sağlamaktadır.

Eylül, 2024

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ

Doç. Dr. Ahmet ÇELİK

BÖLÜM 1

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SÜRECİNDE SOYA FASULYESİ (*Glycine max. L*) TARIMININ GELECEĞİ

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ^{1*}

Prof. Dr. Erdal SAKİN²

Dr. Öğrencisi Suat CUN³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13760584>

^{1*} Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. vbeyyavas@harran.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6516-9403>

² Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye, esakin@harran.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5403-4247>

³ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. suatcun@harran.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6607-8263>

*Sorumlu Yazar: vbeyyavas@harran.edu.tr

1. Giriş

İklim değişikliği, tarım, biyolojik çeşitlilik, insan toplumu ve dünyamızın hemen hemen her yönüyle ilgili olarak çevrenin geleceği için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. İklim değişikliğinin birincil nedeni, atmosfere insan kaynaklı sera gazlarının eklenmesidir. Bu insan emisyonları nedeniyle, gezegenin ortalama sıcaklığı 1850'den bu yana yaklaşık 1°C artmıştır (IPCC, 2018 ; Nunez ve ark., 2019). Isınma, köklü ve acil küresel eylem gerektirecek şekilde 1.5°C'de durdurulsa bile, geçmiş emisyonların uzun vadeli etkileri yüzyıllar veya bin yıllar boyunca devam edecektir. Etkilerin büyüklüğü emisyon miktarına bağlıdır; genel olarak daha sık sıcak hava dalgaları, kuraklıklar, seller ve kalıcı deniz seviyesi yükselmesi ve küresel sıcaklık artışları beklenmektedir (IPCC, 2018). Hem doğal ekosistemlerde hem de tarımsal ortamlarda, bitkiler ve hayvanlar, adaptasyon hızlarından daha hızlı değişen yeni koşullarla mücadele etmeye zorlanıyor. Yükselen sıcaklıklar ve değişen yağış rejimleri, biyolojik manzarayı büyük ölçüde değiştirecek ve türlerin göçüne, istilasına ve yok olmasına neden olacaktır (Urban, 2015 ; Nunez ve ark., 2019).

Uzun vadeli hava değişikliklerini tahmin etmek daha zor olsa da 2050 yılına kadar küresel ortalama sıcaklığın 1.5–2°C artması bekleniyor. Küresel sıcaklıktaki bu değişiklikler iklimde daha fazla değişikliğe yol açarak sıcak hava dalgalarının sıklığının artmasına, daha az donma sıcaklığına sahip gün sayısına, daha az yağışa ancak daha yoğun yağışlara ve dünyanın dört bir yanında tarımsal üretimi olumsuz etkileyecek kuraklıkların ve diğer hava aşırılıklarının daha sık görülmesine neden olacaktır (Easterling ve ark., 2000 ; Dempewolf ve

ark., 2014). Küresel nüfusun 2050 yılına kadar dokuz milyara ulaşması bekleniyor ve bu da beslenmesi gereken iki milyar ek insan anlamına geliyor (Ray ve ark., 2013). Tahminler, dünya nüfusunu beslemenin 2050 yılına kadar toplam gıda üretiminin yaklaşık %70 oranında artırılmasını gerektireceğini gösteriyor (FAO, 2009).

Kültür soya fasulyesi (*Glycine max* [L.] Merr.) yaklaşık 5000 yıl önce Çin'de yabani soya fasulyesinden (*G. soja* Sieb. & Zucc.) evcilleştirilmiş ve ardından dünya çapında yayılmıştır (Carter ve ark., 2004; Wilson, 2008). Hem insanlar hem de hayvanlar için yenilebilir yağ ve protein kaynağı olarak hizmet veren soya fasulyesi, en önemli baklagil mahsul türüdür. Soya fasulyesi sadece yağ, karbonhidrat, C vitamini ve mineral içeriği bakımından zengin olmakla kalmayıp aynı zamanda antikanser özellikleri nedeniyle de ilgi görmektedir (Ko ve ark., 2013; Koo ve ark., 2015). Gıda amaçlı tüketiminin yanı sıra, soya fasulyesi yağı geleceğin yakıt kaynağı olarak değerlendirilmekte olup, soya fasulyesinden elde edilen dizel üretiminin artırılması yönünde çalışmalar yapılmaktadır (Qi ve Lee, 2014). Bu durum soya fasulyesini giderek daha popüler bir ürün türü haline getiriyor ve soya fasulyesine olan talep artıyor (Ray ve ark., 2013).

2. Dünya’da ve Türkiye’de Soya Fasulyesinin Genel Durumu

2.1. Dünya’da Durum

Baklagiller ürün grubunun içerisinde yer alan soya, 2022/23 sezonunda dünyada 136 milyon hektar alanda yetiştirilmiştir. Dünyada en fazla ekim alanına sahip olan ülke ise 44 milyon ha ile Brezilya’dır.

Brezilya'yı 34.9 milyon ha ile ABD, 14.4 milyon ha ile Arjantin takip etmektedir (USDA, 2023).

Tablo 1. Ülkelere göre dünya soya ekim alanı (bin ha)

	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2021/2022	2022/2023
Brezilya	35.900	36.900	39.500	41.600	44.100
ABD	35.448	30.327	33.428	34.929	34.871
Arjantin	16.600	16.700	16.470	15.900	14.400
Hindistan	11.131	12.193	12.918	12.147	13.084
Çin	8.413	9.332	9.883	8.415	10.240
Paraguay	3.736	3.339	3.294	3.416	3.600
Rusya	2.739	2.776	2.709	2.993	3.355
Kanada	2.540	2.271	2.041	2.080	2.118
Diğer	9.573	9.736	9.490	9.973	10.458
Dünya	126.080	123.574	129.733	131.453	136.226

Kaynak: USDA, (2023).

USDA verilerine göre, 2022/23 sezonunda, dünya soya üretimi 372 milyon tondur. Dünya soya üretiminde 2022/23 sezonu itibarıyla, 158 milyon ton ile Brezilya ilk sırada yer alırken, 116 milyon ton ile ABD ikinci, 25 milyon ton ile Arjantin üçüncü sırada yer almaktadır (Tablo 2).

Dünyada lider konumda olan Brezilya, toplam dünya soya üretiminin %42'sini karşılamaktadır. Son 5 yılda dünya soya üretiminde söz sahibi ülkelerin Brezilya ve ABD olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Ülkelere göre dünya soya üretimi (bin ton)

	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2021/2022	2022/2023
Brezilya	120.500	128.500	139.500	130.500	158.000
ABD	120.515	96.667	114.749	121.528	116.216
Arjantin	55.300	48.800	46.200	43.900	25.000
Çin	15.967	18.092	19.602	16.395	20.280
Hindistan	10.930	9.300	10.456	11.889	12.411
Kanada	8.844	10.553	9.642	4.183	9.050
Rusya	7.417	6.145	6.359	6.224	6.543
Paraguay	4.027	4.359	4.307	4.760	5.996
Diğer	20.013	19.037	18.407	21.055	18.742
Dünya	363.515	341.453	369.222	360.434	372.238

Kaynak: USDA, (2023).

2.2. Türkiye’de Soya Tarımı

Günümüzde Türkiye’de soya tarımı ağırlıklı olarak Çukurova Bölgesi’nde yapılmaktadır. Ancak soya bu bölgede birinci ürün olan mısır ile rekabet edememektedir. Maliyet ve kârlılık açısından birinci üründe mısır avantajlı konumdadır. İkinci üründe ise soya mısıra göre daha avantajlıdır. Bu nedenle soya bölgede ikinci ürün olarak tercih edilmektedir (Tüfekçi, 2019). Türkiye soya ekim alanlarının %91.2’sini Akdeniz Bölgesi oluşturmaktadır. 2022 yılı Türkiye soya ekim alanlarında %51.1’lik payla Adana ilk sırada yer alırken, %15.4 pay ile Kahramanmaraş ikinci sırada, %14.8 pay ile Mersin üçüncü sırada yer almaktadır.

Tablo 3. İllere göre Türkiye soya ekim alanları (da)

	2018	2019	2020	2021	2022
Adana	177.830	203.249	210.400	245.296	194.180
Kahramanmaraş	13.444	14.338	13.813	36.890	58.400
Mersin	84.543	88.647	74.938	86.776	56.423
Osmaniye	18.382	24.991	23.154	27.375	33.568
Samsun	20.287	17.033	18.018	19.044	20.472
Hatay	146	110	673	6.086	6.675
Diyarbakır	841	1.893	1.686	2.762	4.046
Şanlıurfa	12.267	629	5.532	4.058	2.353
Afyonkarahisar		349	215	761	1.362
Amasya	135	103	90	82	518
Diğer	608	1.605	2.824	9.787	2.093
Türkiye	328.483	352.947	351.343	438.917	380.090

Kaynak: TÜİK, (2023).

Türkiye soya üretiminde, Adana 88 bin tonluk üretimi ile birinci sırada yer alırken, 21 bin ton ile Kahramanmaraş ve Mersin ikinci ve üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye soya üretimi bir önceki sezona göre %14.8 azalarak 2022 yılında 155 bin ton olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 4. İllere göre Türkiye soya üretim miktarı (ton)

	2018	2019	2020	2021	2022
Adana	79.254	89.594	98.596	114.285	87.915
Kahramanmaraş	4.865	4.399	4.886	12.948	20.519
Mersin	38.173	40.094	33.580	30.649	20.516
Osmaniye	7.069	9.433	8.764	10.638	13.301
Samsun	7.714	5.093	6.100	6.353	6.942
Hatay	58	44	266	2.299	2.576
Diyarbakır	238	548	755	900	1.416
Şanlıurfa	2.387	120	1.104	908	523
Afyonkarahisar	–	105	60	182	339
Amasya	46	37	32	30	226
Diğer	196	533	1.082	2.808	727
Türkiye	140.000	150.000	155.225	182.000	155.000

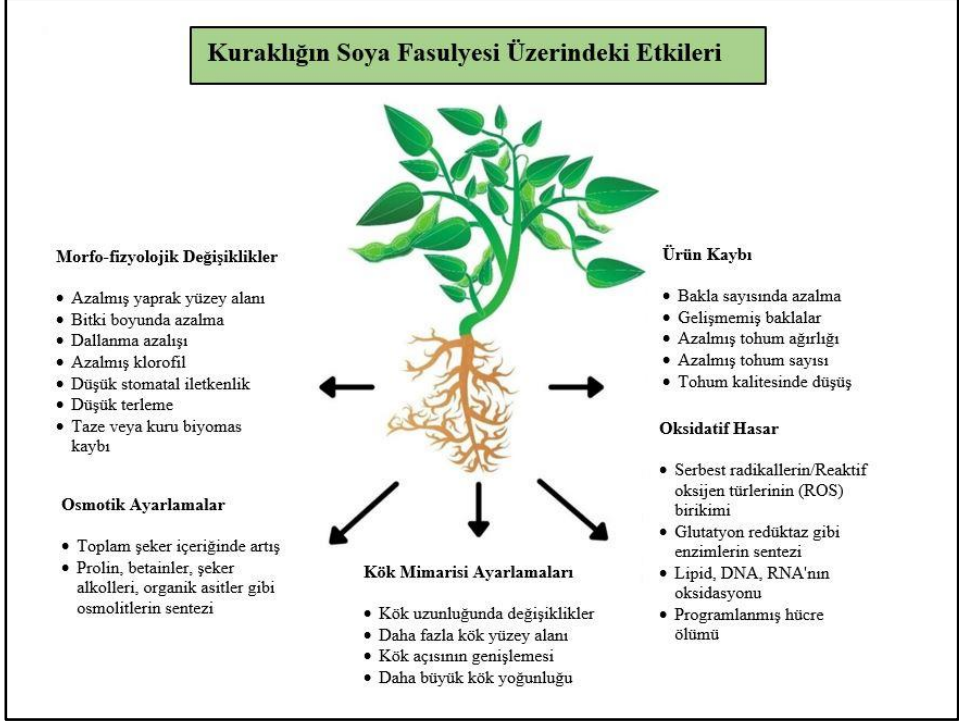
Kaynak: TÜİK, (2023).

3. İklim Değişikliğinin Gelecekte Soya Üretimine Etkisi

Küresel iklim değişikliğinin gelecekte soya fasulyesi üretimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olması muhtemeldir. Örneğin, artan sıcaklığın soya fasulyesinin tane verimini azalttığı kanıtlanmıştır (Wang ve ark., 2015). Ayrıca, küresel ısınmanın neden olduğu yoğunlaşan meteorolojik kuraklık, soya fasulyesi ve diğer birçok ürün türünün verimini olumsuz yönde etkilemiştir (Gray ve ark., 2016; Zipper ve ark., 2016). Artan küresel talebi karşılamak için gelecekte potansiyel uygun soya ekim alanlarının bulunması çözülmesi gereken bir sorun haline gelmiştir (Mall ve ark., 2004).

Genel olarak, soya fasulyesi yetiştiriciliği için uygun arazi alanının iklim değişikliği sonucunda dünya çapında önemli ölçüde azalacağı öngörülmektedir. Kucharik ve Serbin (2008), soya fasulyesi yetiştirmeye uygun bölgelerin Kanada, Rusya ve birçok Avrupa ülkesi gibi Kuzey Yarımküre'nin orta enlemlerine doğru değişebileceğini, gelecekteki iklim senaryoları altında soya fasulyesi yetiştirmeye uygun arazi düşük

enlem bölgelerinde azalacağı ve bu öngörülen olguların küresel ısınmanın bir sonucu olabileceğini belirtmişlerdir.



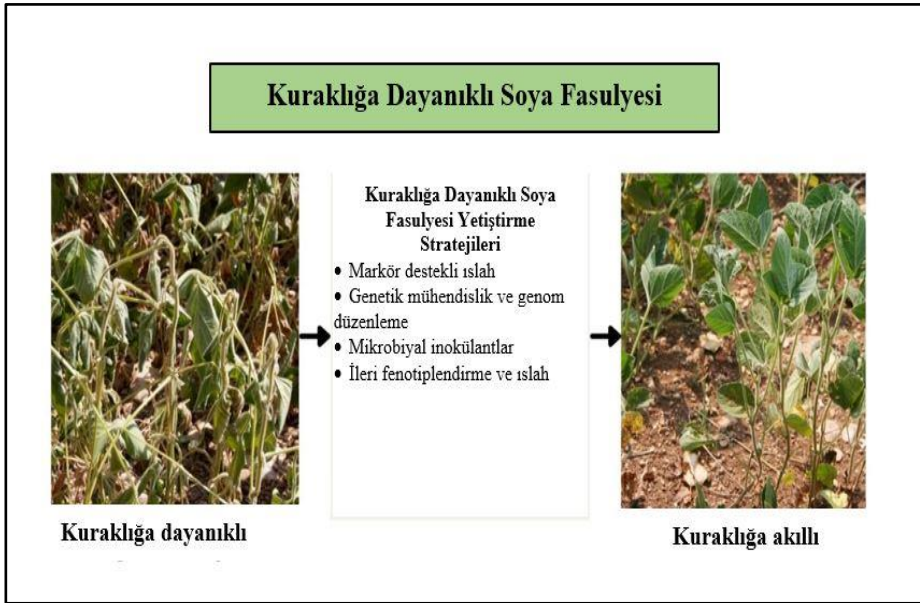
Şekil 1. Kuraklığın soya fasulyesi üzerindeki çeşitli etkilerini gösteren bir diyagram. (Arya ve ark., 2021).

4. İklim Değişikliğine Karşı Soya Fasulyesi Üretiminde Uygulanabilir Stratejiler

4.1. İklim Dayanıklı Soya Fasulyesi Çeşitlerinin Seçimi

Dünya sıcaklığının artmasıyla iklim ciddi değişikliklere uğrar ve abiyotik olarak stresli hale gelir. Çevresel değişiklikler çok zararlı ve doğal olarak yaygın bitki türlerine çeşitli tehditler oluşturur (Espeland ve Kettenring, 2018). Tarla koşullarında kuraklık ve sıcaklık en baskın

streslerdir ve bitkiler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Pereira, 2016). Bitkilerin normal büyümeleri ve çiçek açmaları için optimum bir sıcaklığa ihtiyaç duydukları bildirilmektedir. Bitki fizyolojisi sıcaklık dalgalanmalarından büyük ölçüde etkilenir (Hatfield ve Prueger, 2015). Bu iklim sorunları bitki gelişimini ve verimini ciddi şekilde sıkıntıya sokar, moleküler, biyokimyasal, fizyolojik ve morfolojik değişiklikler içeren muazzam tepkiler üretir. Bu bağlamda, bitkilerdeki stres direnci süreçlerini anlamak, strese dayanıklı bitkiler geliştirmek için bitki bilimcileri için çok zor bir görev olarak ortaya çıkmıştır (Singh ve ark., 2018).



Şekil 2. Kuraklığa dayanıklı soya fasulyesini gösteren bir diyagram (Arya ve ark., 2021).

Soya fasulyesi verimi, çevresel koşullardan büyük ölçüde etkilenen karmaşık bir niceliksel özelliktir. İklim değişiminin meydana getirdiği

tahribatlar göz önünde bulundurulduğunda soya fasulyesinin yetiştirildiği bölgelerin iklim şartlarına uygun ve dayanıklı çeşitlerin seçilmesi ve geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle, çevresel streslere ve toprak toksisitesine karşı tolerans sağlayan, ayrıca yüksek verim ve biyokütle sağlayan ürün iyileştirmeleri gerekecektir. Bu hedefe ulaşmak için, bu özellikleri etkileyen lokusların tanımlanması ve moleküler mekanizmalarının anlaşılması gerekmektedir. Dahası, özellik arttırıcı aleller taşıyan germ plazma kaynakları tanımlanmalı ve uygun genetik geçmişler ve ortamlardaki davranışları belgelenmelidir (Takeda ve Matsuoka, 2008).

4.2. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği Artırma

4.2.1. Toprak sağlığı

Sağlıklı toprağın patojenleri baskıladığı, biyolojik aktiviteleri sürdürdüğü, organik maddeleri ayrıştırdığı, toksik maddeleri etkisiz hale getirdiği ve besin, enerji ve suyu geri dönüştürdüğü gösterilmiştir (Sahu ve ark., 2017). Toprak kalitesi, toprağın biyolojik özelliklerini kapsayan ve kimyasal ve fiziksel özellikler ile yakın etkileşim içinde işlev gören giderek popülerleşen bir kavramdır (Chaussod, 2022). Toprak tuzlanması, asitlenme, sıkışma, kabuklanma, besin eksikliği, toprak biyotası biyoçeşitliliği ve biyokütlesinde azalma, su dengesizliği ve element döngüsünün bozulması gibi uygunsuz tarımsal uygulamalar toprak kalitesini azaltır (Lal, 2015). Normalde, toprak biyotası patojenik organizmaların baskılanması, besin döngüsü ve su depolarının detoksifikasyonu ile ilişkilidir ve toprak yönetimi uygulamalarına hızla yanıt verir (Doran ve Zeiss, 2000; Harris, 2009). Toprak biyotası, toprak

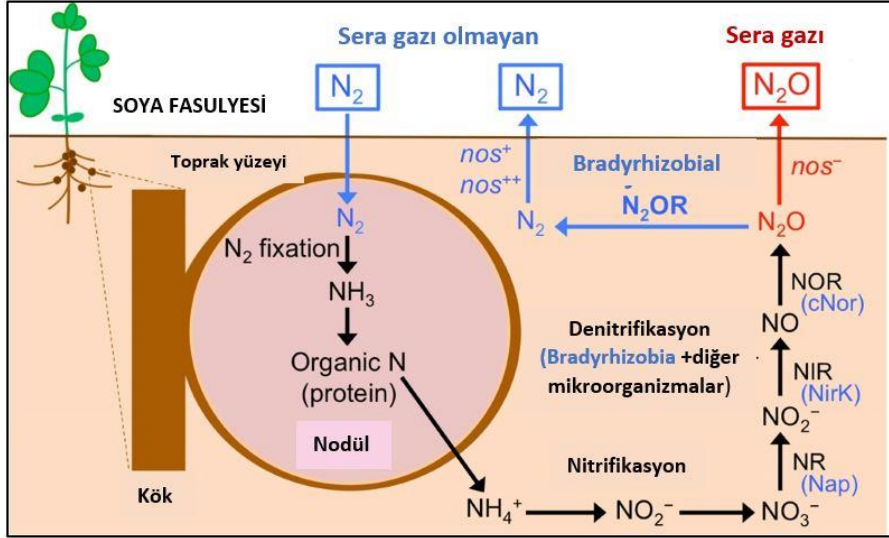
verimliliği ve bitki sağlığı arasında güçlü ilişkiler vardır (Altieri, ve Nicholls, 2003). Toprak biyotasının biyolojik süreçler yoluyla arazi verimliliğinin ve toprak verimliliğinin iyileştirilmesindeki rolü, tarımsal sürdürülebilirliğe yönelik temel bir strateji olarak kabul edilmiştir (Giller ve ark., 2005).

4.2.2. Toprak yapısının iyileştirilmesi ve organik madde eklenmesi

Sürdürülebilir tarım sistemlerinin sürdürülmesi için yönetimde organik maddeler en önemli öncelik olmalıdır. Bitki artıklarının toprağa dahil edilmesi topraktaki mikrobiyal süreçleri değiştirebilir ve böylece besin maddelerinin bulunabilirliğini ve dolayısıyla bitki üretimini etkileyebilir (Devêvre ve Horwáth, 2000). Çünkü sürdürülebilir tarımda toprak ve ürün yetiştiriciliğinin kalitesi ve verimliliği, organik ve inorganik gübre girdileri kullanılarak sağlanabilir. Organik gübre uygulamasının etkisi, fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak verimliliğini ve bitki verimliliğini korur ve iyileştirir (Kuntyastuti ve ark., 2020; Sakin ve ark., 2024).

4.2.3. Azot sabitleyici bakterilerin kullanımı

Biyolojik azot (N) fiksasyonu, tarımsal üretim için önemli bir N kaynağıdır (Thilakarathna ve Raizada, 2017). Baklagil-rizobiyum simbiyozu, tarımsal ekosistemlerde biyolojik olarak sabitlenmiş N'nin yaklaşık %80'ini oluşturur (Zahran, 1999). Soya fasulyesi (*Glycine max* L. Merr.), sadece simbiyotik N₂ fiksasyonu yoluyla toprak N eksikliğini gidermekle kalmayıp aynı zamanda nodüllü bitkilerin kök ve rizosferle ilgili özelliklerini değiştirerek az miktarda bulunan toprak P bileşiklerini çözmek için rizobakterilerle simbiyotik ilişkiler kurabilen küresel öneme sahip bir bitkidir (Qin ve ark., 2011; Ding ve ark., 2012).



Kaynak: Sánchez ve Minamisawa, (2019). Nitrogen cycling in soybean rhizosphere: sources and sinks of nitrous oxide (N₂O)

4.3. Su Yönetimi ve Sulama Teknikleri

Son yıllarda, değişken yağış deseni ve iklim değişikliğinin neden olduğu sık kuraklık nedeniyle sulama yaygın bir uygulama haline geliyor. Ancak, farklı yağış desenleri altında farklı sulama seviyelerinin soya fasulyesi verimi ve su verimliliği üzerindeki etkisine ilişkin bilgi eksikliği bulunmaktadır (Gajić ve ark., 2018). Toprak işleme, sulama ve gübrelerin soya fasulyesi üretimi ve kalitesi üzerindeki etkileşim etkileri yeterince anlaşılmamıştır. Aynı zamanda, soya fasulyesinin çeşitli arazi konfigürasyonları altında besin maddelerine ve suya tepkisi hakkında yeterli çalışma yoktur (Rajanna ve ark., 2022).

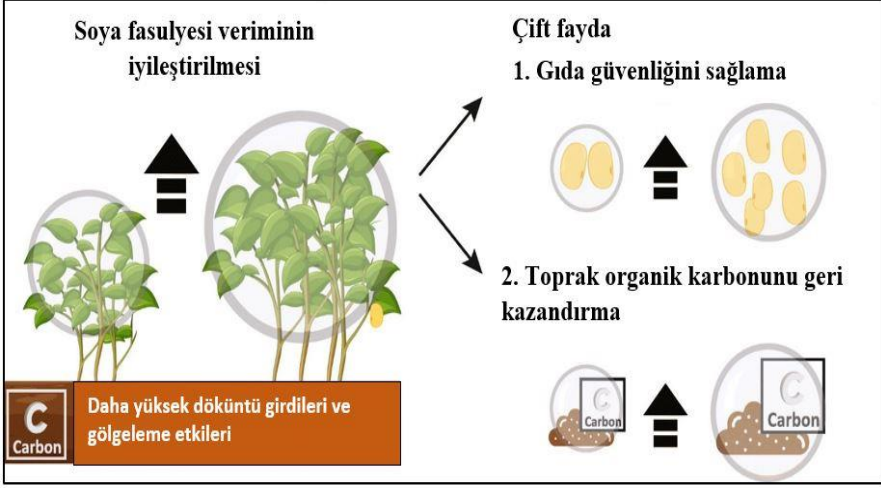
Kuraklık dünyanın birçok yerinde soya fasulyesi büyümesini ve verimliliğini etkilemektedir (Hatfield ve Prueger, 2011; Steduto ve ark., 2012; Sentelhas ve ark., 2015). Su stresi esas olarak çiçeklenme, tohum

oluşumu ve tohum dolumu sırasında zararlıdır. Giménez ve ark. (2017) ve Jha ve ark. (2018), büyüme mevsimi boyunca veya belirli bir büyüme aşamasında sınırlı, ek sulamanın su verimliliğini (WP) ve soya fasulyesi verimini önemli ölçüde artırabileceğini belirtmişlerdir. Sulamaya verilen yanıt iklime, büyüme mevsimi boyunca yağış düzenine, toprak özelliklerine, çeşide, tarımsal uygulamalara ve deneysel prosedürlere bağlıdır.

4.4. Karbon Yönetimi ve Biyokömür Kullanımı

Biyokütle kalıntılarının pirolizinden elde edilen ve karbon açısından zengin bir ürün olan biyokömür, toprakların zenginleştirilmesi açısından oldukça önemlidir (Dokoochaki ve ark., 2019). Toprakların sağladığı ekosistem hizmetlerini geliştirmek için bir alternatif olarak önerilmektedir (Dickinson ve ark., 2015; Blanco-Canqui ve ark., 2020). Çok sayıda çalışma, biyokömür kullanımının toprak pH'ını, makro besin ve organik madde içeriğini, su düzenlemesini ve toprak agregalarının stabilitesini artırarak toprak koşullarını iyileştirdiğini ve ürün verimliliği üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabileceğini göstermiştir (Lehmann ve ark., 2006; Ma ve ark., 2016; Castro ve ark., 2018; Latawiec ve ark., 2019; Yu ve ark., 2020; Gluba ve ark., 2021). Toprak iyileştiricileri arasında biyokömür, toprak karbon sekestrasyonunu hızla artırma ve böylece CO₂ emisyonlarını azaltma, iklim değişikliğinin hafifletilmesine katkıda bulunma yeteneği ile öne çıkar ve muhtemelen karbon pazarında kullanılabilir (Blanco-Canqui ve ark., 2020; Ventura ve ark., 2019). Oliveira ve ark. (2017) ve Awasthi ve ark. (2017), diğer organik karbon materyallerine kıyasla biyokömürün eklenmesinden sonra humifikasyon süreçlerinin çok daha yüksek bir verimliliğe sahip olduğunu

belirtmektedir. Yazarlar, biyokömür karışımları ve işlenmemiş doğal gübreler kullanıldığında karbondioksit emisyonlarında ilgili azalmayı %40 bulmuşlardır. Kompostlama sürecine biyokömür eklenmesiyle sera gazı emisyonlarında bir azalma gözlemlenmiştir (Awasthi ve ark., 2017). Kalıcı sekestrasyon söz konusu olduğunda, organik bileşiklerin ayrışmasına ve atmosfere karbondioksit formunda karbon emisyonuna yol açan mineralizasyon süreçlerine dayalı biyokömür ve mineral katkı maddelerinin karışımlarının kullanılması daha uygun olabilir. Kalıcı karbon sekestrasyonunun bakış açısından, mineralizasyon süreçleri elverişli değildir. Tam aerobik koşullar altında mineralizasyon, basit mineral bileşiklerinin (CO_2 , SO_2 , H_2O , NO , vb.) oluşumuna yol açar. Oksijene sınırlı erişimle, anaerobik koşullarda çalıştığında organik maddenin çürümesine yol açan bir çürüme sürecidir. Toprakta kalıcı olarak organik madde miktarının artırılması, organik gübrelerle toprağa verilen karbon bileşiklerinin dönüşüm hızına ve yönüne bağlıdır. Doğal kaynak yönetiminin rasyonalizasyonunun bir parçası olarak, toprağın karbon emisyonlarını azaltacak şekilde yönetmek veya özel durumlarda topraktaki birikimini kalıcı olarak artıracak şekilde bir toprak karbon yönetimi politikası izlemek kritik öneme sahiptir (Li ve ark., 2018; Yang ve ark., 2017).



Şekil 4. soya fasulyesi üretiminde verimin artırılmasını ve karbon yönetimi

Bu görsel, soya fasulyesi üretiminde verimin artırılmasını ve karbon yönetimiyle sağlanabilecek çift faydayı gösteriyor. Görselin sol tarafında, bitki büyümesi üzerindeki daha yüksek döküntü girdileri ve gölgeleme etkileri vurgulanmış. Bu, organik madde girdilerinin artmasıyla toprak yapısının iyileştirilmesine katkıda bulunabileceğini ima ediyor.

Görselin sağ tarafında ise çift fayda başlığı altında iki ana avantaj gösteriliyor:

1. Gıda güvenliğini sağlama: Yüksek verimli soya fasulyesi üretimi, besin kaynaklarının artmasına ve gıda güvenliğine katkı sağlar.
2. Toprak organik karbonunu geri kazandırma: Artan bitki verimi ve organik madde, toprağın karbon içeriğini zenginleştirir ve toprak sağlığını iyileştirir.

Genel olarak, bu görsel soya fasulyesi yetiştiriciliğinde hem verim artışı hem de toprak sağlığına yönelik sürdürülebilir bir yaklaşımı özetliyor.

5. Sonuç

Soya fasulyesi üretimi, küresel gıda güvenliği açısından önemli bir rol oynarken, iklim değişikliği senaryolarında ciddi zorluklarla karşı karşıyadır. Küresel ısınma, sıcaklık artışı, değişen yağış düzenleri ve daha sık yaşanan aşırı hava olayları gibi faktörler, soya fasulyesi verimini olumsuz yönde etkileyebilir. Ancak, bu durum aynı zamanda tarımsal stratejilerin gözden geçirilmesi ve iklim adaptasyonuna yönelik sürdürülebilir çözümler geliştirilmesi için bir fırsat sunmaktadır.

İklim değişikliğine karşı adaptasyon stratejileri arasında, kuraklığa ve sıcaklığa dayanıklı yeni soya fasulyesi çeşitlerinin geliştirilmesi, toprak yönetimi uygulamalarının iyileştirilmesi ve su kaynaklarının daha etkin kullanımı öne çıkmaktadır. Ayrıca, soya fasulyesi tarımında biyoçeşitliliğin korunması ve organik tarım tekniklerinin uygulanması, uzun vadeli sürdürülebilirliği sağlamak açısından önem taşır. Toprak sağlığının korunması ve artırılması, soya fasulyesi üretiminde iklim değişikliğine karşı dirençli bir ekosistem oluşturulmasına katkı sağlar.

Sonuç olarak, küresel ısınma senaryolarında soya fasulyesi üretimini sürdürülebilir kılmak, iklim adaptasyonu odaklı tarımsal stratejilerle mümkün olabilir. Bu bağlamda, tarım tekniklerinin modernizasyonu, yenilikçi çözümler ve iklim dostu uygulamalar, soya fasulyesi üretimini güvence altına almak için kritik önemdedir.

Kaynaklar

- Altieri, MA., & Nicholls, CI. (2003). Toprak verimliliği yönetimi ve böcek zararlıları: tarımsal ekosistemlerde toprak ve bitki sağlığının uyumlu hale getirilmesi. *Toprak ve Tillage Araştırması*, 72 (2), 203-211.
- Arya, H., Singh, MB., & Bhalla, PL. (2021). Kuraklığa dayanıklı soya fasulyesi geliştirmeye doğru. *Bitki Bilimindeki Sınırlar*, 12, 750664.
- Awasthi, MK., Wang, M., Chen, H., Wang, Q., Zhao, J., Ren, X., & Zhang, Z. (2017). Kanalizasyon çamuru kompostlaması sırasında sera gazı emisyonlarını azaltarak karbon ve nitrojen sekestrasyonunun iyileştirilmesi için biyokömür ilavesinin heterojenliği. *Biyolojik kaynak teknolojisi*, 224, 428-438.
- Blanco-Canqui, H., Laird, DA., Heaton, EA., Rathke, S., & Acharya, BS. (2020). Toprak karbonu, 6 yıl sonra uygulanan biyokömür karbon miktarının iki katı kadar arttı: Negatif astarlamanın saha kanıtı. *GCB Bioenergy*, 12 (4), 240-251.
- Carter, T., Nelson, R., Sneller, C., & Cui, Z. (2004). Soya Fasulyesi: Üretim ve Kullanımların İyileştirilmesi (Amerika Amerikan Derneği, Amerika Bitki Bilimi Derneği, Amerika Toprak Bilimi Derneği, Madison, WI).
- Castro, A., da Silva Batista, N., Latawiec, AE., Rodrigues, A., Strassburg, B., Silva, D., & Hale, S. (2018). The effects of Gliricidia-derived biochar on sequential maize and bean farming. *Sustainability*, 10(3), 578.
- Chaussod, R. (2002). La qualité biologique des sols: des concepts aux applications. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France (France)*, 88(2).
- Dempewolf, H., Eastwood, RJ., Guarino, L., Houry, CK., Müller, JV., & Toll, J. (2014). Tarımı iklim değişikliğine uyarlamak: yabani akraba bitkileri toplamak, korumak ve kullanmak için küresel bir girişim. *Tarımsal Ekoloji ve Sürdürülebilir Gıda Sistemleri*, 38 (4), 369-377.
- Devêvre, OC., & Horwath, WR. (2000). Farklı toprak sıcaklıkları ve nemleri altında pirinç samanının ayrışması ve mikrobiyal karbon kullanım verimliliği. *Toprak Biyolojisi ve Biyokimyası*, 32 (11-12), 1773-1785.
- Dickinson, D., Balduccio, L., Buysse, J., Ronsse, F., Van Huylenbroeck, G., & Prins, W. (2015). Tahıl tarımını iyileştirmek için biyokömür

- kullanmanın maliyet-fayda analizi. *Gcb Biyoenerji*, 7 (4), 850-864.
- Ding, X., Sui, X., Wang, F., Gao, J., He, X., Zhang, F., & Feng, G. (2012). Synergistic interactions between *Glomus mosseae* and *Bradyrhizobium japonicum* in enhancing proton release from nodules and hyphae. *Mycorrhiza*, 22, 51-58.
- Dokoohaki, H., Miguez, FE., Laird, D., & Dumortier, J. (2019). Where should we apply biochar? *Environmental Research Letters*, 14(4), 044005.
- Doran, JW., & Zeiss, MR. (2000). Toprak sağlığı ve sürdürülebilirlik: toprak kalitesinin biyotik bileşeninin yönetimi. *Uygulamalı toprak ekolojisi*, 15 (1), 3-11.
- Easterling, DR., Meehl, GA., Parmesan, C., Changnon, SA., Karl, TR., & Mearns, LO. (2000). Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *science*, 289(5487), 2068-2074.
- Espeland, EK., & Kettenring, KM. (2018). Strategic plant choices can alleviate climate change impacts: A review. *Journal of environmental management*, 222, 316-324.
- FAO, (2009). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Küresel tarım 2050'ye doğru. Roma: FAO.
- Gajić, B., Kresović, B., Tapanarova, A., Životić, L., & Todorović, M. (2018). Effect of irrigation regime on yield, harvest index and water productivity of soybean grown under different precipitation conditions in a temperate environment. *Agricultural water management*, 210, 224-231.
- Giller, KE., Bignell, D., Lavelle, P., Swift, M., Barrios, E., Moreira, F., & Huising, J. (2005). Soil biodiversity in rapidly changing tropical landscapes: scaling down and scaling up.
- Giménez, L., Paredes, P., & Pereira, LS. (2017). Çeşitli sulama rejimleri ve şiddetli su stresi altında soya fasulyesinin su kullanımı ve verimi. *AquaCrop ve SIMDualKc modellerinin uygulanması*. *Su*, 9 (6), 393.
- Gluba, Ł., Rafalska-Przysucha, A., Szewczak, K., Łukowski, M., Szlązak, R., Vitková, J., & Usowicz, B. (2021). İnce boyutlu parçalanmış ayçiçeği kabuğu biyokömürünün ekilebilir kumlu toprağın su tutma özelliklerine etkisi. *Malzemeler*, 14 (6), 1335.
- Gray, SB., Dermody, O., Klein, SP., Locke, AM., Mcgrath, JM., Paul, RE., & Leakey, AD. (2016). Intensifying drought eliminates the expected benefits of elevated carbon dioxide for soybean. *Nature Plants*, 2(9), 1-8.

- Harris, J. (2009). Soil microbial communities and restoration ecology: facilitators or followers? *Science*, 325(5940), 573-574.
- Hatfield, JL & Prueger, JH. (2015). Sıcaklık uçları: Bitki büyümesi ve gelişimi üzerindeki etkisi. *Hava ve iklim uçları*, 10, 4-10.
- Hatfield, JL., & Prueger, JH. (2011). Agroecology: Implications for plant response to climate change. *Crop adaptation to climate change*, 27-43.
- IPCC, (2018). "Summary for policymakers," in *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*, eds V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, et al. (Geneva: World Meteorological Organization), 32.
- Jha, PK., Kumar, SN., & Ines, AV. (2018). Responses of soybean to water stress and supplemental irrigation in upper Indo-Gangetic plain: Field experiment and modeling approach. *Field crops research*, 219, 76-86.
- Ko, KP., Park, SK., Yang, JJ., Ma, SH., Gwack, J., Shin, A., & Yoo, KY. (2013). Soya ürünleri ve diğer gıdaların alımı ve mide kanseri riski: prospektif bir çalışma. *Epidemiyoloji dergisi*, 23 (5), 337-343.
- Koo, SC., Kim, SG., Bae, DW., Kim, HY., Kim, HT., Lee, YH., & Choi, MS. (2015). Farklı çimlenme sıcaklıklarında soya filizlerinin biyokimyasal ve proteomik analizi. *Kore Uygulamalı Biyolojik Kimya Derneği Dergisi*, 58, 397-407.
- Kucharik, CJ., & Serbin, SP. (2008). Impacts of recent climate change on Wisconsin corn and soybean yield trends. *Environmental Research Letters*, 3(3), 034003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/3/3/034003>
- Kuntyastuti, H., Sutrisno, S., & Lestari, SAD. (2020). Ovalık Vertisollerde soya fasulyesi verimine organik ve inorganik gübre uygulamasının etkisi. *Degraded and Mining Lands Management Dergisi*, 8 (1), 2439.
- Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875-5895.
- Latawiec, AE., Strassburg, BB., Junqueira, AB., Araujo, E., D. de Moraes, LF., Pinto, HA., & Hale, SE. (2019). Biochar amendment

- improves degraded pasturelands in Brazil: environmental and cost-benefit analysis. *Scientific reports*, 9(1), 11993.
- Lehmann, J., Gaunt, J., & Rondon, M. (2006). Karasal ekosistemlerde biyo-kömür sekestrasyonu-bir inceleme. *Küresel değişim için azaltma ve uyum stratejileri*, 11 , 403-427.
- Li, G., Khan, S., Ibrahim, M., Sun, TR., Tang, JF., Cotner, JB., & Xu, YY. (2018). Biyokömürlerin topraktaki çözünmüş organik madde (DOM) modifikasyonuna neden olması ve bunun arsenik ve kadmiyumun hareketliliği ve biyoakümüülasyonu üzerindeki etkisi. *Tehlikeli Maddeler Dergisi*, 348, 100-108.
- Ma, N., Zhang, L., Zhang, Y., Yang, L., Yu, C., Yin, G., & Ma, X. (2016). Biyokömür, üç yıllık saha uygulamasından sonra bir mollisolde toprak agregat kararlılığını ve su bulunabilirliğini iyileştirir. *PloS one*, 11 (5), e0154091.
- Mall, RK., Lal, M., Bhatia, VS., Rathore, LS., & Singh, R. (2004). Mitigating climate change impact on soybean productivity in India: a simulation study. *Agricultural and forest meteorology*, 121(1-2), 113-125.
- Nunez, S., Arets, E., Alkemade, R., Verwer, C., & Leemans, R. (2019). İklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi: 2° C'nin altı yeterli mi? *İklim Değişikliği*, 154, 351-365.
- Oliveira, FR., Patel, AK., Jaisi, DP., Adhikari, S., Lu, H., & Khanal, SK. (2017). Environmental application of biochar: Current status and perspectives. *Bioresource technology*, 246, 110-122.
- Pereira, A. (2016). Plant abiotic stress challenges from the changing environment. *Frontiers in plant science*, 7, 1123.
- Qi, DH., & Lee, CF. (2014). Soya fasulyesi biyodizel içeriğinin biyodizel-dizel karışımlarının temel özellikleri üzerindeki etkisi. *Tayvan Kimya Mühendisleri Enstitüsü Dergisi*, 45 (2), 504-507.
- Qin, L., Jiang, H., Tian, J., Zhao, J., & Liao, H. (2011). Rizobiya, soya fasulyesi bitkilerinin farklı kaynaklardan fosfor edinimini artırır. *Bitki ve Toprak*, 349, 25-36.
- Rajanna, GA., Dass, A., Suman, A., Babu, S., Venkatesh, P., Singh, VK., & Sudhishri, S. (2022). Soya fasulyesinde toprak işleme, sulama ve gübrelerin eş zamanlı uygulanması: Ürün verimliliği, toprak nemi ve toprak mikrobiyal dinamikleri üzerindeki etkisi. *Tarla Bitkileri Araştırması*, 288, 108672.

- Ray, DK., Mueller, ND., West, PC., & Foley, JA. (2013). Verim eğilimleri, 2050 yılına kadar küresel ürün üretimini iki katına çıkarmak için yetersizdir. *PloS one*, 8 (6), e66428.
- Sahu, N., Vasu, D., Sahu, A., Lal, N., & Singh, SK. (2017). Strength of microbes in nutrient cycling: a key to soil health. *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture: Volume I: Plant-soil-microbe nexus*, 69-86.
- Sakin, E., Yanardağ, H. İ., Fırat, Z., Çelik, A., Beyyavaş, V., Cun, S. (2024). Some Indicators for the Assessment of Soil Health: A Mini Review. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2), 297-310.
- Sánchez, C., & Minamisawa, K. (2019). Nitrogen cycling in soybean rhizosphere: sources and sinks of nitrous oxide (N₂O). *Frontiers in Microbiology*, 10, 1943.
- Sentelhas, PC., Battisti, R., Câmara, GMDS., Farias, JRB., Hampf, AC., & Nendel, C. (2015). Brezilya'daki soya fasulyesi verim farkı-büyüklüğü, nedenleri ve sürdürülebilir üretim için olası çözümler. *Tarım bilimi dergisi*, 153 (8), 1394-1411.
- Singh, P., Basu, S., & Kumar, G. (2018). Poliamin metabolizması: Mahsul bitkilerinde abiyotik stres toleransı için ileriye doğru bir yol. *Bitkilerde abiyotik stres toleransı ile mücadele için biyokimyasal, fizyolojik ve moleküler yollar* (s. 39-55). Akademik Basın.
- Steduto, P., Hsiao, TC., Fereres, E., & Raes, D. (2012). *Crop yield response to water* (Vol. 1028, p. 99). Rome, Italy: fao.
- Takeda, S., & Matsuoka, M. (2008). Mahsul iyileştirmeye yönelik genetik yaklaşımlar: çevresel ve popülasyon değişikliklerine yanıt verme. *Nature Reviews Genetics*, 9 (6), 444-457.
- Thilakarathna, MS., & Raizada, MN. (2017). A meta-analysis of the effectiveness of diverse rhizobia inoculants on soybean traits under field conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 105, 177-196.
- Tüfekçi, Ş. (2019). *Konya-Ereğli Ticaret Borsası Soya Fasulyesi Ar-Ge Raporu*
- TÜİK, (2023). Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 01.12.2023).
- Urban, MC. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science*, 348(6234), 571-573.
- USDA, (2023). Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı, <https://www.usda.gov> (Erişim Tarihi: 01.12.2023).
- Ventura, M., Alberti, G., Panzacchi, P., Vedove, GD., Miglietta, F., & Tonon, G. (2019). Biochar mineralization and priming effect in a

- poplar short rotation coppice from a 3-year field experiment. *Biology and Fertility of Soils*, 55, 67-78.
- Wang, XY., Yang, XG., Sun, S., & Xie, WJ. (2015). Comparison of potential yield and resource utilization efficiency of main food crops in three provinces of Northeast China under climate change. *Ying yong sheng tai xue bao= The journal of applied ecology*, 26(10), 3091-3102.
- Wilson, RF. (2008). Soya fasulyesi: pazar odaklı araştırma ihtiyaçları. Soya fasulyesinin genetiği ve genomu (s. 3-15). New York, NY: Springer New York.
- Yang, X., Meng, J., Lan, Y., Chen, W., Yang, T., Yuan, J., & Han, J. (2017). Effects of maize stover and its biochar on soil CO₂ emissions and labile organic carbon fractions in Northeast China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 240, 24-31.
- Yu, YQ., Li, JX., Liao, YL., & Yang, JY. (2020). Vanadyumla kirlenmiş toprağın eş zamanlı iyileştirilmesi ve kalitesinin iyileştirilmesinde bir biyokömür malzemesinin etkinliği, stabilizasyonu ve potansiyel uygulanabilir analizi. *Temiz Üretim Dergisi*, 277, 123506.
- Zahran, HH. (1999). Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiology and molecular biology reviews*, 63(4), 968-989.
- Zipper, SC., Qiu, J., & Kucharik, CJ. (2016). Drought effects on US maize and soybean production: spatiotemporal patterns and historical changes. *Environmental Research Letters*, 11(9), 094021.

BÖLÜM 2

REJENERATİF PAMUK TARIMININ SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE ÇEVREYE KATKISI

Doç. Dr. Cevher İlhan CEVHERİ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13760590>

¹Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Şanlıurfa, Türkiye.
icevheri@harran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-7070-2652

1. GİRİŞ

Rejeneratif tarım, günümüzde giderek daha fazla ilgi çekiyor. Büyük markaların tedarik taahhütlerinden yeni rejeneratif tarım sertifikalarına kadar birçok alanda bu yaklaşıma olan ilgi artmakta. Pamuk, hem tarım hem de tekstil sektörü için en önemli ürünlerden biridir. Doğal bir lif olmasına rağmen, pamuk üretimi yoğun kimyasal ve su kullanımı gerektirir. Küresel tarım arazilerinin sadece %2.4'ünde yetiştirilmesine rağmen, dünyadaki insektisit kullanımının %22.5'ini oluşturmaktadır. Pamuk, sentetik olmayan en çok kullanılan elyaf olarak öne çıkmaktadır. Günümüzde artan nüfus, modern tarım teknikleri ve tüketim alışkanlıklarındaki değişim, çiftçileri tarımsal üretimde daha fazla girdi ve pestisit kullanmaya yöneltmiştir. Bu durum, kalite yerine miktara odaklanılan bir tarım anlayışını beraberinde getirmiştir. Çiftçiler, üretimlerinde optimal verim ve yönetim yerine rant peşinde koşarak toprağı sömürmeye başlamıştır. Bunun sonucunda, üretilen ürünlerin besin değeri düşmüş, tüketicilerin sağlığı tehlikeye girmiş, toprak-bitki-hayvan-insan sağlığı ihmal edilmiş, çevre kirliliği artmış ve sürdürülebilir yaşam bilinci kaybolmuştur.

Tarımsal sistemler; toprak, su, verimlilik artırıcı girdiler, mekanizasyon ve insan gücünün bir araya geldiği bir bütündür. Bu sistemlerde en önemli faktör, birim alandan elde edilen ürün miktarı ve ürün kalitesidir. İnsanlık tarihi boyunca çeşitli tarım yöntemleri geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Günümüzde de farklı tarımsal üretim sistemleri kullanılmaktadır. Pamuk, insanlık tarihinin en eski ve değerli bitkilerinden biridir. Pamuktan elde edilen lif ve yağ, modern teknoloji ve ticaret dünyasında önemli iki emtia olarak öne çıkmaktadır. Özellikle

pamuk lifi, tekstil sektörünün vazgeçilmez hammaddesidir. Ev tekstilinden halı ve perdeye kadar birçok sektörde pamuk lifi kullanılmaktadır. Bu çalışmada amacımız, insanlık tarihi boyunca uygulanan tarım sistemlerini incelemek, karşılaştırmak, pamuk tarımında kullanılan yöntemleri değerlendirmek ve rejeneratif tarım sistemini, onarıcı ve sürdürülebilir bir model olarak ele alarak gelecekteki çalışmalara rehberlik etmektir.

2.Tarım Sistemleri

Tarım sistemleri çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir ve tüm tarım sistemlerinde temel amaç, verimi artırmak ve kültür bitkilerinin daha optimize bir şekilde üretimini sağlamaktır. Günümüzde tarım sektöründe uygulanan başlıca sistemler şunlardır:

- a. Konvansiyonel (Geleneksek) tarım sistemleri,
- b. İyi tarım sistemleri,
- c. Organik tarım sistemleri,
- d. Rejeneratif (Onarıcı-Düzeltilici) tarım sistemleri.

Günümüzde tarımsal üretimde temel hedef, sürdürülebilirliği sağlamaktır. Sürdürülebilir tarım sisteminin oluşturulması için belirli kurallar çerçevesinde hareket edilmesi gerekmektedir. Konvansiyonel tarım sistemi, çevre ve toprak kirliliğine neden olmakta, aynı zamanda üretilen gıdaların güvenilirliğini de olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, tarımsal üretimde ürünlerin kalitesine odaklanmak ve elde edilen ürünlerin niteliklerini artırmak büyük önem taşımaktadır.

A. Konvansiyonel (Geleneksel) Tarım Sistemi

Konvansiyonel tarım sisteminde, birim alandan daha yüksek verim elde etmek amacıyla yürütülen yoğun tarımsal faaliyetler, toprağın aşırı sömürülmesine, çevre kirliliğine, doğal dengenin bozulmasına, ürün kalitesinin düşmesine ve ürünlerde zararlı kalıntıların oluşmasına neden olmuştur. Bu olumsuz etkilerin giderilmesi ve daha sağlıklı ürünlerin üretimi ile tüketimi için bilinçli üreticiler ve tüketiciler bir araya gelerek "Ekolojik Tarım" kavramını ortaya atmış ve bu sistemi geliştirmişlerdir (Öztürk, 2004).

Konvansiyonel tarım sisteminde, ürün miktarını artırmak birincil hedef olduğundan, kalite genellikle ikinci planda kalmaktadır. Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte, birim alandan daha fazla ürün elde etme çabası temel amaç haline gelmiştir. Endüstrileşmenin artışıyla birlikte, tarımda kullanılan bir diğer yaklaşım da endüstriyel tarım olarak ortaya çıkmıştır. Endüstriyel tarım, büyük ölçekte üretim yapmayı, mekanizasyonu artırmayı ve üretimde teknolojik yenilikler kullanmayı hedefleyen bir sistemdir.

Endüstriyel Tarım: Fabrika tarımı olarak da bilinen endüstriyel tarım, çiftlik hayvanları, balık ve ekinlerin endüstriyel üretimini esas alır. Bu sistem, en düşük maliyetle en yüksek üretim ve kâr elde etmeyi amaçlar. 10 bin yıllık tarım tarihinde önemli bir dönüm noktası olarak kabul edilen bu süreç, Sanayi Devrimi ile başlayan sanayi faaliyetlerindeki gelişmelerle doğrudan bağlantılıdır. Tarımın kapitalistleşmesi, tarımsal üretimin endüstriyel bir tarzda yapılmaya başlanmasıyla birlikte gıdanın metalaşmasına zemin hazırlamış ve gıda üretimi, beslenme amaçlı olmaktan çok, kâr elde etme amacıyla yapılı hale gelmiştir. Bu üretim

tarzı, gıdanın yeniden metalaşmasına yol açmış ve tarımın sanayileşmesini hızlandırmıştır.

Makinenin tarımda kullanılması, biyoloji ve kimya bilimlerinin tarıma uygulanması ve deniz ile kara ulaşımındaki gelişmelerin tarıma sağladığı ekonomik avantajlarla, dünya genelinde yayılan yeni bir metalaşma biçimi ortaya çıkmıştır (Atalık, 2010). Bu süreç, tarımsal üretimin büyük ölçekli, teknolojik temelli ve piyasa odaklı bir yapıya dönüşmesini hızlandırmıştır.

Yeşil Devrim: Yeşil Devrim, geleneksel tarımın doğa koşullarıyla uyumlu ancak verim açısından yetersiz kalmasına karşı, yüksek verim ve gelir elde etmeyi amaçlayan "entansif" tarım sisteminin ikame edilmesiyle başlamıştır (Özalp ve Güldal, 2017). Bu süreçte temel amaç, birim alandan maksimum verimi almaktır. Bunun sağlanması için güçlendirilmiş bitki türleri ve tohumların kullanımı, tarım ilaçları, etkin sulama sistemleri, yoğun gübreleme ve yüksek girdi kullanımı esastır (Nazlı, 2012). Yeşil Devrim'in en önemli unsurları arasında sentetik gübreler, kimyasal tarım ilaçları, hormonlar, vitaminler ve diğer sentetik kimyasal girdiler yer almaktadır. Bu girdilerin tarımda yaygın şekilde kullanılması, tarımsal üretimde ciddi verim artışlarına yol açmıştır (Nur et al., 2016). Yüzde yüze varan verim artışları, tarımsal üretimin teknolojik bir başarı olarak kabul edilmesini sağlamıştır (Ak ve Atay, 2008). Özellikle buğday, çeltik ve mısır gibi temel gıda ürünlerinin üretiminde, insanların temel ihtiyaçlarını karşılamak adına büyük artışlar sağlanmıştır (Llewellyn, 2018).

Yeşil Devrim, 1960-2000 yılları arasında gerçekleşmiş, 40 yıllık bir süreçte dünya genelinde tarımsal üretimde köklü değişimlere neden

olmuştur (Armanda et al., 2019). Bu dönemde birçok teknolojik yenilik hayata geçirilmiş, tarımsal üretim metotları modernleştirilmiş ve küresel ölçekte önemli başarılar elde edilmiştir. Ancak, bu süreç aynı zamanda birçok hata ve olumsuz etkiyi de beraberinde getirmiştir. Tarımsal kimyasalların aşırı kullanımı, toprağın verimsizleşmesi ve çevre kirliliği gibi sorunlar, bu devrimin uzun vadeli etkileri arasında yer almaktadır (Çetin, 2022). Sonuç olarak, Yeşil Devrim, tarımsal üretimi artırma amacına ulaşmış olsa da çevresel sürdürülebilirlik açısından birçok tartışmayı da beraberinde getirmiştir.

Yeşil Devrim'in gerçekleştiği 40 yıllık süreç, tarımda büyük bir devrim ve yoğun yeniliklerin yaşandığı bir dönemdir. Bu dönemde tarımsal üretimde birçok yenilik hayata geçirilmiş, önemli başarılar elde edilmiş, ancak aynı zamanda pek çok hata da yapılmıştır. Yeşil Devrim, yüksek verimli tohumlar, sulama, gübreleme, tarımsal mücadele ve finansal desteğin eksiksiz uygulanması sayesinde başarıya ulaşmıştır (Şahinöz, 1990). Bu süreçte yerel tohumlar yerine, tohum şirketleri tarafından geliştirilen yüksek verimli hibrit tohumlar tercih edilmiştir (Özalp ve Güldal, 2017). Ancak, bu hibrit tohumların bazı olumsuz yanları da ortaya çıkmıştır. Yüksek verim sağlamak için kimyasal ilaçlar ve gübre kullanımı zorunlu hale gelmiştir (Engdahl, 2009; Foster, 2013; Nazlı, 2012).

Yeşil Devrim'in en öne çıkan isimlerinden biri, dahi bitki ıslahçısı Norman Borlaug'dur. Meksika'da geliştirdiği özel buğday çeşidi ile 1970 yılında Nobel Barış Ödülü'ne layık görülmüştür (Baydar, 2015). Ziraat mühendisi olan Borlaug, Yeşil Devrim'in başlatılmasında öncü bir rol oynamış ve tarımsal üretimde önemli bir dönüşümü tetiklemiştir. İlk

olarak Meksika'da başlattığı bu devrim, daha sonra Asya ve Afrika'ya yayılmıştır (Llewellyn, 2018). Yeşil Devrim, 40 yıllık süreçte insanlığın beslenme, giyim ve ev tekstili gibi temel ihtiyaçlarının karşılanmasında öncü bir rol oynamıştır. Ancak, süreç ilerledikçe birçok sorun ortaya çıkmış ve bu sorunlar Yeşil Devrim'in olumsuz yönleri olarak kaydedilmiştir. Toprakların aşırı kullanımı, kimyasal ilaç ve gübrelere çevreye zarar vermesi, yerel tohum çeşitlerinin kaybolması gibi sorunlar, devrimin uzun vadeli olumsuz sonuçları arasında yer almaktadır.

Yeşil Devrim hareketi, başlangıçta tarımda olağanüstü bir yenilik olarak kabul edilse de, zamanla kullanılan yöntemlerin çevreye ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri nedeniyle küresel bir endişe kaynağı haline gelmiştir (Yılmaz, 2019). Yeşil Devrim, özellikle ürün miktarını ve birim alandan alınan verimi artırma konusunda sağladığı başarılar sayesinde büyük kabul görmüştür (Nur ve ark., 2016). u süreçte, yerel tohumların yerini yüksek verimli hibrit tohumlar almıştır, ancak bu hibrit tohumların istenen verimi sağlayabilmesi için yoğun miktarda tarım ilaçları ve kimyasal gübre kullanımına ihtiyaç duyulmuştur (Engdahl, 2009; Foster, 2013).

Yeşil Devrim, tarımsal üretim miktarında büyük artışlar sağlamış olmasına rağmen, erozyon, su kaynaklarının kirlenmesi ve doğal yaşamın tahribatı gibi ciddi sosyal, ekonomik, çevresel ve ekolojik sorunları da beraberinde getirmiştir (Budak, 2000). Tarım ilaçlarının yoğun kullanımı, zararlı organizmaların bu kimyasallara karşı direnç geliştirmesine neden olmuş ve bu durum daha fazla ilaç kullanımını zorunlu kılarak üretim maliyetlerinin artmasına yol açmıştır (Budak, 2000). Pestisitler, Yeşil Devrim boyunca yoğun bir şekilde gündeme

gelmiş ve bu kimyasalların kullanımı kalıntı, dayanıklılık, çevre kirliliği ve sağlık sorunlarına neden olmuştur (Kaymak ve Serim, 2015).

Pestisit kullanımı dünya genelinde yaygınlaşmış ve bu pazarın büyüklüğü 45 milyar dolara ulaşmıştır, Türkiye'de ise pestisit pazarı 600 milyon dolar civarındadır (Kaymak ve Serim, 2015). Özellikle Rachel Carson'ın 1962'de yayınladığı Sessiz İlkbahar isimli kitabı, pestisitlerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki tehlikelerini geniş kitlelere duyurmuştur (Carson, 2004). 1990'lı yıllara gelindiğinde ise, Yeşil Devrim'in yoğun tarım uygulamalarının yarattığı çevresel, ekonomik ve toplumsal etkiler sorgulanmaya başlamış, daha sürdürülebilir alternatif tarımsal uygulamalar araştırılmaya başlanmıştır (Reganold ve ark., 1990).

Yeşil Devrim'in başarısında kilit rol oynayan unsurlar arasında yüksek verimli tohumlar ve suni gübreler önemli bir yer tutmaktadır. Bu tohumlar, genellikle buğday, mısır ve çeltik gibi yaygın olarak tüketilen temel gıda bitkilerinden seçilmiştir (Şahinöz, 1990). Bu tohumlar, ürün miktarını artırmış olsa da, besleyicilik değeri düşmüştür. Besin değerinin azalması, zamanla tüketicilerin bu ürünlerden uzaklaşmasına ve alternatif ürünlere yönelmelerine neden olmuştur.

Tarım Devrimi ve Endüstri Devrimi ile hızlanan dünya nüfusu artışı, gıda arzını artırma gereksinimini doğurmuştur. Mevcut tarım alanlarının daha verimli hale getirilmesi amacıyla yeni tarım yöntemleri geliştirilmiş, birim alandan daha fazla ürün alınması sağlanmıştır. Bitki ıslahı yapılmış, tarım makineleri geliştirilmiş ve sentetik gübreler ile tarım ilaçları yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Bu büyük ölçekli tarımsal üretim, "devrim" olarak nitelendirilmiş ve adına "Yeşil Devrim"

denilmiştir. Tarım tarihine adını altın harflerle yazdıran ve Nobel ödülü kazanan ilk bitki ıslahçısı Norman Borlaug, Meksika'dan başlayarak Yeşil Devrimi başlatan öncü isim olmuştur.

Yeşil Devrim, büyük ölçekte üretim artışları sağlasa da, küresel açlık sorununa kalıcı bir çözüm olamamıştır. Üretimin artırılması tek başına yeterli olmamış, adil dağıtımın gerekliliği ortaya çıkmıştır. Yeşil Devrim'in sonunda oluşan çevresel ve toplumsal olumsuzluklar, yeni alternatif tarım uygulamalarına duyulan ihtiyacı artırmıştır. Özellikle çevre sorunlarının yaygınlaşmasıyla, sürdürülebilirlik anlayışı her alanda benimsenmeye başlanmıştır. Sürdürülebilir tarım, agronomik, çevresel ve sosyal boyutları olan bir alternatiftir (Çetin, 2022).

Sürdürülebilir tarım, konvansiyonel tarımın tahrip ettiği toprak ve su kaynaklarını yeniden canlandırmak amacıyla ortaya çıkmış bir sistemdir. Bu sistemde çeşitli bileşenler bulunmaktadır ve doğru analiz yapmak, sürdürülebilir tarımın en gerçekçi yöntemidir. Sürdürülebilirlik kavramı, 1980'li yıllardan itibaren dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Latince "sustinere" kelimesinden türetilen bu kavram, sürdürmek, sağlamak, devam ettirmek, desteklemek ve var olmak anlamlarına gelir (Onions, 1964). Sürdürülebilirlik, sadece üretim, tüketim, ticaret ve büyüme gibi ekonomik alanlarda değil, aynı zamanda kültürel, siyasal, sosyal ve çevresel alanlarda da kullanılır. Özetle, mevcut kaynakların gelecek nesillere kayıpsız bir şekilde aktarılmasını ifade etmektedir (Kuşat, 2013).



Şekil 1. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri.

B. İyi Tarım Sistemi (Uygulamaları)

Dünyada iyi tarım uygulamaları, gıda güvenliği ve kalitesini sağlamak amacıyla ilk kez Avrupa’da başlatılmıştır. Türkiye’de ise 2007 yılında 18 ilde uygulamaya konulan iyi tarım uygulamaları, devlet desteklerinin etkisiyle son üç yılda önemli bir gelişme göstermiştir. Ancak bu uygulamaların sürdürülebilirliği için iyi tarım ürünlerine yönelik talebin artırılması büyük önem taşımaktadır. Tüketici odaklı bir pazarlama stratejisinin benimsenmesi, firmalar arasındaki rekabeti artırarak iyi tarım ürünlerinin üretim miktarında artış sağlayacaktır. Bu makalede, dünya genelinde iyi tarım uygulamalarının gelişimi ve Türkiye’deki yansımaları incelenmiştir (Eryılmaz ve Kılıç, 2018).

İyi tarım uygulamaları kavramı, son yıllarda hızla değişen ve küreselleşen gıda ekonomisinin bir sonucu olarak ortaya çıkmış ve gıda üretimi, kalitesi, gıda güvenliği ile tarımın çevresel sürdürülebilirliği gibi konularla ilgili paydaşların taahhütleri doğrultusunda gelişmiştir. Bu

paydaşlar arasında gıda işleme ve perakende firmaları, çiftçiler, tarım işçileri ve tüketiciler yer almakta olup, orta ve uzun vadede gıda güvenliği, gıda kalitesi, üretim etkinliği ve çevresel sürdürülebilirlik gibi hedeflere ulaşmayı amaçlamaktadırlar (İçel, 2007). İyi tarım uygulamalarında kimyasal girdi kullanımı bulunsa da, bu girdiler insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyecek şekilde dikkatlice uygulanmaktadır (Hasdemir, 2011).

İyi tarım uygulamalarında temel referans noktası, tarımsal faaliyetlerin her aşamasının kayıt altına alınması ve bu faaliyetlerin kontrollü koşullarda yürütülmesidir. Bu sistemin en önemli unsurlarından biri sertifikasyondur. Tarımsal üretimin her aşaması denetlendikten sonra, üretim süreci bir sertifika ile belgelendirilir. Bu sertifikalandırma, ürünün etiketi veya kimlik bilgisi olarak da değerlendirilebilir ve tüketicilere ürünün hangi şartlarda üretildiği konusunda güvence sağlar.

C. Organik (Biyolojik, Ekolojik) Tarım Sistemi

Organik tarım, yüksek girdi kullanımına dayalı endüstriyel tarımın insan sağlığı, ekonomi ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerine alternatif olarak ortaya çıkan bir tarım sistemidir. Bu sistem, doğadaki dengeyi koruyarak, toprak verimliliğini sürdürülebilir kılmayı, hastalık ve zararlıları doğal yöntemlerle kontrol altına almayı ve doğadaki canlıların sürekliliğini sağlamayı amaçlar. Organik tarım, doğal kaynakların ve enerjinin en verimli şekilde kullanılmasıyla optimum verimi hedefleyen bir yaklaşımdır. Aynı zamanda, insan sağlığı, çevre ve ekonomi açısından sürdürülebilir bir tarımsal üretim sistemini bütünleştirir (Ak, 2004).

Temel amacı çevreyi korumak olan organik tarım, farklı ülkelerde ekolojik tarım, biyolojik tarım, biyodinamik tarım, alternatif tarım, yenilenebilir tarım ya da sürdürülebilir tarım olarak da adlandırılmaktadır. Organik tarımın temel ilkeleri; sürdürülebilirlik, üretim sürecinin kayıt altına alınması, sistemin kontrollü olması, izlenebilirlik ve sertifikalandırma. Bu ilkeler, organik üretim sürecinin şeffaf ve güvenilir olmasını sağlamaktadır.

3. Organik Tarımın Genel Amaçları

Organik tarımın genel amaçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Taşbaşlı ve Zeytin, 2003);

1. Toprağın biyolojik ve mineralojik yapısını korumak,
2. Doğal floranın ve faunanın korunmasını sağlayarak genetik çeşitliliği sürdürmek,
3. Toprak-insan-bitki-hayvan arasında bozulan ekolojik ilişkileri güçlendirmek,
4. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirliliği önleyerek iklim değişikliklerine engel olmak,
5. Tarımsal ilaçların bitki, hayvan ve insan sağlığı üzerindeki tehditlerini ortadan kaldırmak,
6. Doğayı tahrip etmeden, doğa ile uyum içinde çalışmak,
7. Tarımsal üretimde mümkün olduğunca bölgesel kaynakları kullanmak,

8. Üretim planlamasıyla yeterli miktarda ve yüksek kaliteli gıda üretmek,
9. Bitkisel ve hayvansal üretimi entegre ederek birbirlerini destekleyen sistemler oluşturmak,
10. Üreticilere güvenli bir çalışma ortamı ve yeterli gelir sağlamak.

Rejeneratif tarım, onarıcı uygulamalarla desteklenen ve "regen" olarak da kısaltılabilen bir tarım yaklaşımıdır. Bu sistem, çevre bilinciyle uyumlu bir şekilde çalışarak toprak sağlığını iyileştirmeyi ve biyolojik yapıyı yeniden ideal hale getirmeyi amaçlar. Rejeneratif tarım, sürdürülebilir ve organik tarımla sık sık karıştırılsa da, bu sistemlerden farklı olarak sadece çevreyi korumayı değil, aynı zamanda toprağı ve ekosistemi onarmayı ve iyileştirmeyi hedefler. Toprağın verimliliğini artırma, biyolojik çeşitliliğı teşvik etme ve karbon emilimini artırma gibi nitelikleriyle rejeneratif tarım, daha uzun vadeli ve proaktif bir yaklaşım sunmaktadır.

4. Organik Tarım'ın Temel İlkeleri

1. Tüm üretim zincirinde sürdürülebilir bir sistem kurarak, yüksek kalitede ve yeterli miktarda üretim gerçekleştirmek,
2. Üretim sistemi içindeki doğal döngüler ve canlı sistemleri ile uyumlu bir şekilde çalışmak,
3. Geçmiş bilgilerin ve geleneksel tarım sistemlerinin önemini fark etmek, bu bilgileri korumak ve onlardan yararlanmak,
4. Güncel bilgileri, doğal süreçlerin işleyişini anlayarak uygulamak,

5. Toprak verimliliğini üretim kapasitesinin temeli olarak görmek ve yoğun girdi kullanımının yerine, rotasyon, uygun toprak işleme, yeşil gübreleme, hayvansal gübre ve kompost gibi kültürel, biyolojik ve mekanik yöntemlerle toprak verimliliğini ve biyolojik aktivitesini uzun vadede korumak ve artırmak,
6. Hastalık ve zararlılara karşı mücadelede mevcut koşullara uygun tür, ırk ve çeşitlerin seçilerek bitkisel ve hayvansal üretimin uyum içinde yürütülmesine çalışmak,
7. Tarımsal faaliyetler sonucu çevre, insan ve hayvan sağlığını etkileyebilecek her türlü kirliliği en aza indirmek ve sentetik kimyasal gübre, ilaç, hormon ve katkı maddelerini kullanmamak,
8. Hayvansal üretimde hayvanların doğal ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri yaşam koşulları sağlamak,
9. Üretim birimi içinde ve çevresindeki tarımsal ve doğal bioçeşitliliği korumak,
10. Üretim ve işlemede mümkün olduğunca enerji tüketimini azaltmak ve yerel ile yenilenebilir kaynakları etkin bir şekilde kullanmak,
11. Su kaynaklarını ve su ile ilgili yaşam sistemlerini korumak ve doğru kullanmak,
12. Ekolojik tarım yöntemiyle üretilen ürünlerin, işleme, paketleme gibi tüm aşamalarda ekolojik ürün özelliklerini kaybetmemesini sağlamak,
13. Ekolojik üretim ve işleme sistemi içerisinde yer alan herkese temel ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri güvenli ve sağlıklı çalışma ortamı sağlamak,

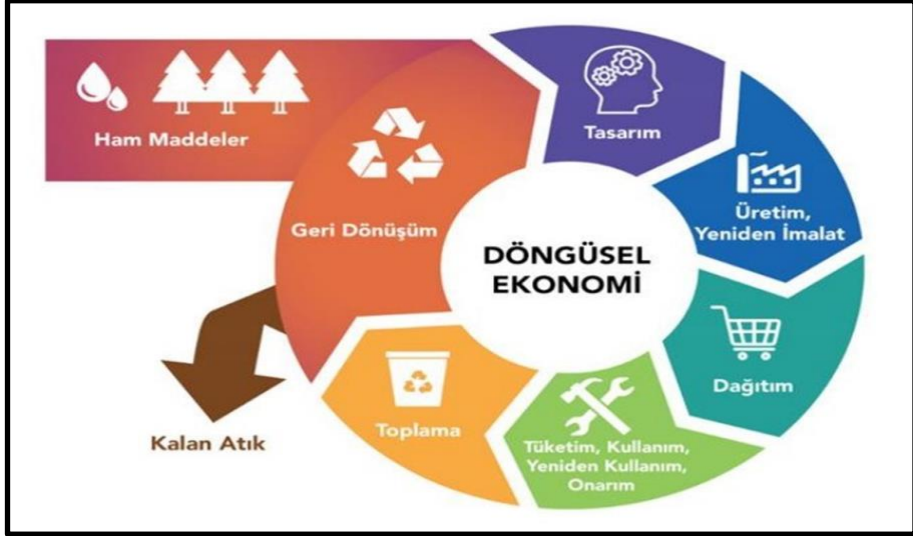
14. Sosyal olarak eşit ve ekolojik açıdan dengeli bir üretim, işleme ve dağıtım zincirinin kurulmasını teşvik etmek ve yerel ile bölgesel üretim ve dağıtımını desteklemek,
15. Ulusal ve/veya uluslararası ekolojik tarım kurallarına göre üretimin bağımsız kontrol firmaları tarafından denetlenmesini sağlayarak, tüketicilere ekolojik ürün güvencesi sunmak.

Döngüsel Ekonomi

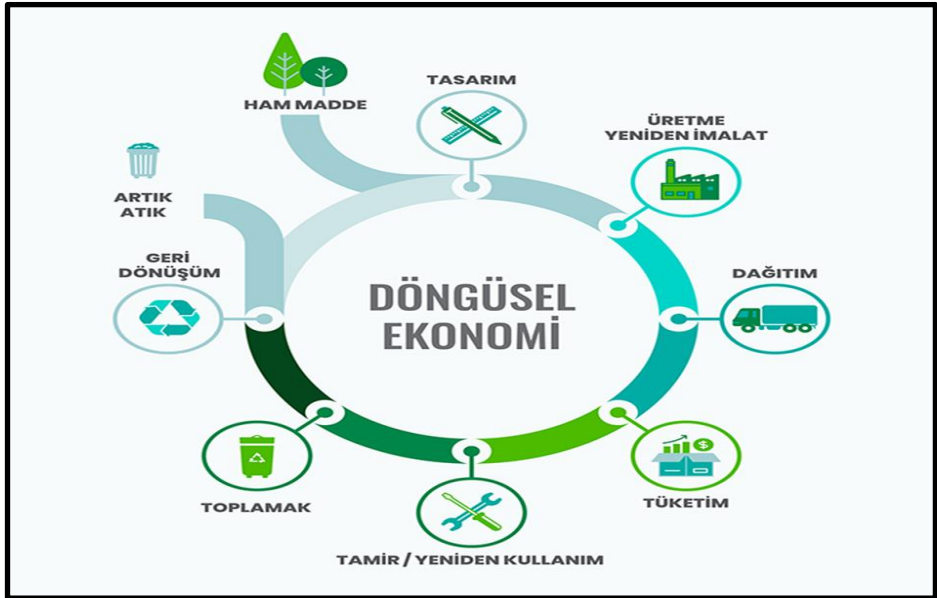
Döngüsel ekonomi, atık oluşumunu en aza indirerek malzemeleri ve kaynakları kullanım süreçlerinin sonunda tekrar ürün döngüsüne kazandırmayı ve böylece değerlerini mümkün olduğunca uzun süre korumayı amaçlayan bir sistemdir. Bu ekonomi modeli, kaynakların ekonomi içerisinde mümkün olduğunca uzun süre tutulmasını hedeflerken, fiziksel kaynakların katma ve içsel değerini koruyarak, hammadde tüketimini, atık oluşumunu ve değer zinciri risklerini en aza indirmeye çalışır. Kullanım ömrü sonunda değer kazanmayı hedefleyen döngüsel ekonomi, atık kavramını tamamen ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Üretim ve tüketim şekillerini kökten değiştirerek ekonomi ve toplumda değer sürekli dolaşımını sağlayan, daha sağlıklı ve başarılı bir ekosistem oluşturmuştur (Anonim, 2024a).

Döngüsel ekonomi, mevcut malzemelerin ve ürünlerin mümkün olduğunca uzun süre yeniden kullanılması, onarılması, yenilenmesi ve geri dönüştürülmesini içeren bir üretim ve tüketim modelidir. Bu model, ürünlerin yaşam döngüsünü uzatarak israfı en aza indirir. Döngüsel ekonomi yaklaşımı, kaynak kullanımını, atıkları ve karbon emisyonlarını azaltma potansiyeline sahiptir. Bir ürün ömrünü tamamladığında, bu ürün veya bileşenleri mümkün olan her yerde ekonomi içinde tutulur.

Böylece, bu bileşenler tekrar tekrar kullanılarak daha fazla değer oluşur ve kaynaklar daha verimli bir şekilde değerlendirilir (Anonim, 2024b).



Şekil 2. Döngüsel Ekonomi



Şekil 3. Döngüsel Ekonomi

5. Rejeneratif (Onarıcı) Tarım Sistemi

Rejeneratif tarım, doğa ile uyum içinde çalışarak ekosistemlerin sağlığını iyileştirmeyi hedefleyen bir çiftçilik ve arazi yönetimi yöntemidir. Bu yaklaşım, toprak sağlığını ve su döngüsünü iyileştirme, biyoçeşitliliği artırma ve çiftlik toprağının genel sağlığını destekleme gibi unsurlara odaklanır. Aynı zamanda, rejeneratif tarım, hem yer üstünde hem de yer altında karbon tutulmasını teşvik ederek sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlar. Biyoçeşitliliği koruma ve geliştirme, toprakta su tutulmasını artırma gibi hedefleri de içeren bu sistem, çevresel sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik bütüncül bir yaklaşımdır (Çakmakçı ve Hurma, 2023).

Rejeneratif tarım, toprak sağlığını iyileştirmeyi, biyolojik çeşitliliği artırmayı ve sosyoekonomik eşitsizlikleri azaltmayı amaçlayan bütüncül bir tarım yaklaşımıdır (The Carbon Underground, 2023). Bu yaklaşım, anızların tarlada tutulması, toprak yüzeyinin bitki örtüsüyle kaplanması, azaltılmış toprak işleme, entegre otlatma ve sentetik bileşiklerin (herbisitler ve gübreler gibi) kullanımının sınırlandırılması veya ortadan kaldırılması gibi bir dizi ekolojik uygulamayı içerir. Rejeneratif tarım, sadece bir uygulama değişikliği değil, aynı zamanda tartışmalı bir dünya görüşünü de yansıtır (Lankford ve Orr, 2022).

Rejeneratif tarımın (RA) temel prensipleri özetle; toprak işlemesini azaltmak, bitki köklerinin toprak altında canlı kalmasını sağlamak, toprak yüzeyini bitki örtüsüyle kaplı tutmak, hayvancılık faaliyetlerini tarım süreçlerine entegre etmek ve bitkisel üretimde çeşitliliği artırmak olarak ifade edilebilir (Khangura ve ark., 2023). Bu ilkeler, toprağın

sağlığını canlandırmayı hedeflerken, çevresel, ekonomik ve sosyal faydalar sağlamayı da amaçlar. (Şekil 4).



Şekil 4. Rejeneratif tarımın 5 Temel ilkesi Kaynak (USARAAI 2024)

Rejeneratif tarım (RA), global düzeyde henüz yeterli uygulama alanına sahip olmamakla birlikte, giderek artan bir ekonomik üretim potansiyeline sahiptir. Ancak, hem ulusal hem de global düzeyde bu tarım yöntemine ilişkin yasal düzenlemelerin henüz oluşturulmamış olması, Rejeneratif tarımın yaygınlaşmasının önünde önemli bir engel teşkil etmektedir. Buna rağmen, çiftçi eğitimleri aracılığıyla Rejeneratif tarım uygulamalarının yaygınlaştırılabileceği ve tüketicilere yönelik bilinçlendirme çabalarının, bu yöntemle üretilen tarımsal ürünlere olan talebi olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir (Çakmakçı ve Hurma, 2023).

Modern tarım, kritik bir dönüm noktasında bulunmaktadır. Bir yandan büyüyen küresel nüfusu besleme gerekliliği giderek artarken, diğer yandan yoğun tarımsal üretimin neden olduğu ciddi toprak bozulmasıyla karşı karşıyayız. Uluslararası Küresel İklim Değişikliği Paneli'ne göre, tarım sektörü toplam antropojenik sera gazı emisyonlarının %24'ünü üretmektedir. Ancak tarım, bu emisyonları azaltmanın yanı sıra,

atmosferdeki karbonu toprağa hapsederek küresel ısınmayı sınırlamak ve besleyici gıda üretmek için doğal bir çözüm sunma potansiyeline de sahiptir.

Rejeneratif tarım, toprak verimliliğini artıran, atmosferik CO₂'yi hapsedip depolayan, çiftlik çeşitliliğini destekleyen, su ve enerji yönetimini iyileştiren bir çiftçilik yöntemidir. Bu yöntem, daha geniş ekonomik, çevresel ve sosyal faydalar sağlayan bütünsel bir çözüm sunar. Rejeneratif tarım uygulamalarını benimseyen çiftlikler, tarımsal dayanıklılıklarını artırarak daha yüksek ve istikrarlı verimler elde edebilir, daha düşük girdi maliyetleriyle çalışabilir ve doğal sermaye ile ekosistem hizmetlerini geliştirebilirler (Regenagri, 2024).

Rejeneratif Lifler

Pamuk bitkisinin büyüme döngüsü yaklaşık 5-6 ay sürer ve bu süreçte dikkatle yönetilmesi gereken birkaç önemli faktör bulunmaktadır. Toprak verimliliği, su yönetimi (yağmur veya depolanmış suyun etkin kullanımı), haşere kontrolü (yararlı böcekler ve tuzak bitkiler kullanımı) ve yabancı ot yönetimi (fiziksel uygulamalar ya da faydalı ara bitki kullanımı) bu sürecin kritik unsurlarıdır. İlk çiçeklenme, ekimden yaklaşık 60 ila 70 gün sonra gerçekleşir ve kozalar, çiçeklenmenin ardından 50 ila 70 gün içinde ortaya çıkar. Kozalar olgunlaştıktan sonra, yaklaşık 45 gün içinde tamamen kurur ve kabartılarak hasat için hazır hale gelir. Bu dönemde, kimyasal defoliant kullanmadan organik pamuk hasadı yapılması gereklidir (Textile Exchange, 2013).

Organik tarım, toprak, bitki, su, hayvan ve insan sağlığı açısından önemli faydalar sağlayarak daha sürdürülebilir bir gelecek için büyük bir

potansiyel sunar. Bu yöntem, dünyayı daha yaşanabilir kılma ve gelecek nesillere sağlıklı bir çevre bırakma açısından hayati öneme sahiptir. Ancak gelişen teknoloji, artan nüfus ve tarım arazilerinin azalması, organik tarımın küresel gıda ve tekstil ihtiyaçlarını karşılamakta sınırlı kaldığını göstermektedir. Bu noktada, üretim ve tüketim dengesinin korunması bir zorunluluk haline gelmiştir (Çetin, 2018).

Çevre kirliliğinin artması ve toprakların aşırı atıklarla zehirlenmesi, alternatif tarım sistemlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Tekstil sektöründe en yaygın kullanılan lif, pamuk lifidir ve pamuk üretiminde büyük miktarda pestisit ve gübre kullanılmıştır. Bu durum, toprakların zehirlenmesine ve elde edilen ürünlerin faydalılığı konusunda endişelere yol açmıştır. Alternatif lif üretim yöntemlerinden biri organik pamuk tarımıdır, daha spesifik olarak ise rejeneratif pamuk tarımı öne çıkmaktadır.

Rejeneratif pamuk tarımı, toprağın minimum işlenmesi, kök gelişiminin artırılması, toprak yüzeyinin sürekli bitki örtüsüyle kaplı tutulması, hayvancılık faaliyetlerinin sisteme entegre edilmesi ve biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi gibi uygulamaları içerir. Bu süreçler, pamuk lifinin verimi ve kalitesi açısından önemli olduğu gibi, toprağın onarılması ve çevre sağlığının korunması açısından da büyük bir öneme sahiptir.

6. SONUÇ

İnsanlık var oldukça, toplumların sağlıklı giyim ve ev tekstili ihtiyaçlarını karşılamak için lif talebi de devam edecektir. Günümüzde, yıllık olarak ortalama 26 milyon ton pamuk lifi üretilmektedir ve bu

miktar yıllara göre değişiklik gösterebilmektedir. Türkiye'deki pamuk lifi üretimi yaklaşık 1 milyon ton civarındadır, ancak bu üretimin yalnızca %1'i organik pamuk olarak gerçekleşmektedir. Organik pamuk veya rejeneratif lif üretim yöntemleri, bu artan lif talebine karşı ekolojik bir çözüm sunmaktadır. Toprak sağlığı, bitki sağlığı ve su kaynaklarının verimli kullanımı, bu üretim süreçlerinin temelini oluşturmaktadır. Rejeneratif pamuk üretimi, çevresel ve tarımsal anlamda olumsuz etkileri azaltmayı hedefleyen önemli bir girişimdir. Bilindiği gibi, pamuk üretiminde yüksek miktarda pestisit ve gübre kullanılmakta, bu kimyasallar ise toprak ve bitki sağlığı, nihai ürün kalitesi ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. Rejeneratif pamuk lifi üretimi, bu olumsuzluklara bir çözüm getirirken, sürdürülebilir ve çevre dostu bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Rejeneratif tarımın, özellikle pamuk üretimi gibi yoğun kimyasal kullanıma dayalı sistemlerde benimsenmesi, hem çevresel hem de ekonomik açıdan fayda sağlayarak sürdürülebilir bir gelecek için kritik bir adım niteliğindedir. Bu yöntem, toprağın verimliliğini koruyarak ekosistemin dengesini sağlarken, gelecekteki gıda ve tekstil üretimi için önemli bir rol oynayacaktır.

KAYNAKLAR

- Ak, İ., 2004. Apolyont doğal tarım ve hayvancılık projesi. I. Uluslararası organik hayvansal üretim ve gıda güvenliği kongresi. 28 Nisan–1 Mayıs, 2004, s.144.
- Ak, İ., ve Atay, A. (2008). Ekolojik tarımın tarihçesi ve ilkeleri. İç. İbrahim Ak (Ed). Ekolojik, organik tarım ve çevre. Ekolojik Yaşam Derneği yayınları. Sayfa 8-9.
- Anonim. (2024a). https://donguseleekonomiplatformu.com/knowledge-hub/article_1-what-is-the-definition-of-a-circular-economy_11.html?page=3
- Anonim, 2024b. https://sustainablefuture.com.tr/dongusel_ekonomi_nedir/
- Armanda, D. T., Guinée, J. B., Tukker, A. (2019). The second green revolution: Innovative urban agriculture's contribution to food security and sustainability–A review. *Global Food Security*, 22, 13-24.
- Atalık, A. (2010). İkinci Yeşil Devrim GDO'lar ve Sonrası Tufan. *Biyogüvenlik ve GDO*, 1.
- Baydar, H. (2005). Yeni Yeşil Devrimler, Yeni Norman Borlaug'lara ihtiyacımız var. *TÜRKTOB (Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi)* 8-12.
- Budak, D.B. (2000). Sürdürülebilir Tarım ve Tarımsal Yayım. *Tarım Ekonomisi Dergisi*. S. 20-31.
- Carson, R. (2004). *Sessiz Bahar*. Ankara Palme (Ç. Güler çev). ISBN:9758982079.
- Çakmakçı, Y., & Hurma, H. *Rejeneratif Tarım: Ekonomik ve Çevresel Sürdürülebilirlik İçin Bir Tarımsal Üretim Modeli*.
- Çetin, S. C. (2022). *Yeşil Devrim: Tamam Mı? Devam Mı?*
- Çetin, M. D., (2018). *Organik Tarım ve Pamuk*. International Academic Research Congress.130-135.
- Engdahl, F.W. (2009). *Ölüm tohumları*. Bilim +Gönül Yayınları.İstanbul.
- Foster, B.J. (2013). *Savunmasız Gezegen*. Epos Yayınları.Ankara.
- Hasdemir M 2011. *Kiraz Yetiştiriciliğinde İyi Tarım Uygulamalarının Benimsenmesini Etkileyen Faktörlerin Analizi*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 209 s.
- İçel, C.D. (2007). *Avrupa Birliği Ülkelerinde İyi Tarım Uygulamaları ve Türkiye ile Karşılaştırılması*. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı,

- Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Koordinasyon Dairesi Başkanlığı, AB Uzmanlık Tezi, 114 s.
- Kaymak, S., ve Serim, A.T. (2015). Pestisit sektöründe araştırma ve geliştirme. *Meyve Bilimi*. 2(1): 27- 34.
- Khangura, Ravjit, David Ferris, Cameron Wagg, and Jamie Bowyer. 2023. “Regenerative Agriculture—A Literature Review on the Practices and Mechanisms Used to Improve Soil Health.” *Sustainability (Switzerland)* 15(3).
- Kuşat, N. (2013). Yeşil Sürdürülebilirlik için Yeşil Ekonomi: Avantaj ve Dezavantajları-Türkiye İncelemesi. *Journal of Yaşar University*, 29 (8): 4896 – 4916.
- Lankford, Bruce, and Stuart Orr. (2022). “Exploring the Critical Role of Water in Regenerative Agriculture; Building Promises and Avoiding Pitfalls.” *Frontiers in Sustainable Food Systems* 6. doi: 10.3389/fsufs.2022.891709.
- Llewellyn, D. (2018). Does Global Agriculture Need Another Green Revolution? *Engineering*. 4:449- 451.

BÖLÜM 3
TOPRAK SAĞLIĞININ BİTKİ FİZYOLOJİSİ ÜZERİNE
ETKİLERİ

Dr. Emrah RAMAZANOĞLU¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13760596>

¹ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü
Şanlıurfa, Türkiye. eramazanoglu@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0002-7921-5703

1. GİRİŞ

Toprak, bitkiler için yalnızca fiziksel bir büyüme ve gelişme ortamı değil, aynı zamanda bitki fizyolojisinin en temel süreçlerini şekillendiren dinamik bir ekosistemdir. Bitkilerin kök gelişiminden başlayarak, besin alımı, su dengesi, solunum ve fotosentez gibi kritik süreçler, büyük ölçüde toprağın sağlığına bağlıdır. Bu bağlamda, yapılan araştırmalar, bitki büyümesini ve fizyolojisini etkileyen süreçlerin doğrudan toprak sağlığı ile bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır (Chauhan ve ark., 2023). Toprak sağlığı, bitkilerin büyüme performansını, stres koşullarına karşı dayanıklılığını ve genel verimliliğini etkileyen temel bir faktördür. İyi yönetilen ve sağlıklı bir toprak, bitkilere gerekli olan bitki besin maddelerini sağlarken, aynı zamanda suyun etkin bir şekilde tutulmasına ve kullanılmasına yardımcı olur. Toprak sağlığı, tarımsal verimliliği doğrudan etkileyen kilit faktörlerden biridir (Das et al., 2022). Bununla birlikte, toprak, bitki-mikroorganizma ilişkilerini güçlendiren biyolojik bir yaşam alanıdır ve bu mikroorganizmalar, bitki büyümesini destekleyen enzimatik ve biyokimyasal süreçlerde kritik rol oynar. Toprak mikroorganizmaları, bitkilerle simbiyotik bir ilişki içinde olup, bu etkileşim bitki besin döngüsü ve büyümesi açısından hayati önem taşımaktadır (Zolla ve ark., 2013).

Sağlıklı bir toprak, bitkilerin kök gelişimini ve genel olarak büyümesini destekleyerek bitkinin ihtiyaç duyduğu bitki besin elementlerini büyük oranda sağlayabilmektedir. Topraktaki mikroorganizmalar, özellikle mikoriza mantarları ve faydalı bakteriler, bitkilerin besin alımını artırmakta ve stres koşullarında bitkilerin daha dayanıklı olmalarında önemli bir rol oynar. Mikoriza mantarları, köklerin yüzey alanını

genişleterek bitkilerin topraktan daha fazla su ve bitki besin elementlerinin alınmasını sağlar. Bu simbiyotik ilişki, özellikle fosfor gibi besinlerin sınırlı olduğu toprak koşullarında bitkilerin gelişimini sürdürebilmesi için kritik öneme sahiptir. Mikorizalar, bitkilerin su ve mineral besin maddelerine erişimini artırırken, bakteriler de azot döngüsünde görev alarak bitkilerin azot ihtiyacını karşılar (Smith ve Read, 2010). Bu simbiyotik ilişkiler, bitkilerin patojenlere karşı korunmasına da yardımcı olur. Mikorizalar, bitkilerle simbiyoz bir şekilde yaşayarak zararlı patojenlere karşı bitki köklerini koruyabilir ve bu durum ayrıca bitkilerin hayatta kalma oranlarını artırır (Trivedi ve ark., 2022). Özellikle stresli koşullarda, mikroorganizmaların bu faydalı işlevleri, bitkilerin çevresel zorluklarla başa çıkmasına katkıda bulunur.

Bitkiler, topraktaki üç temel bileşen olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerle etkileşim halindedir. Toprağın fiziksel yapısı, yani tekstürü (kum, silt ve kil oranı), su tutma kapasitesi ve gözeneklilik durumu bitkilerin kök gelişimini ve su alımını doğrudan etkiler. Örneğin, kumlu topraklar genellikle iyi drenaja sahip olup, suyun hızla drene olmasından dolayı, bitki kökleri yeterince suya ulaşmamasına neden olabilir. Kil içeriği yüksek topraklar suyu daha fazla tutar, bu da drenajın yetersiz olmasına neden olur. Sonuç olarak, bitki köklerinin oksijen alımı zorlaşır ve kökün boğulma riski artar (Brady ve ark., 2008). Toprağın fiziksel sağlığı, bitkilerin serbestçe köklenebilmesi, yeterli su ve oksijen alabilmesi açısından kritiktir. Gözenekliği iyi bir toprakta bitki kökünün serbestçe büyümesine olanak tanırken, aynı zamanda su ve oksijenin kolayca köklere ulaşmasını sağlar. Ancak, toprak sıkışması gibi fiziksel bozulma olduğunda, kök gelişimi yavaşlar ve bitki oksijen yetersizliği

ile birlikte su stresi gibi sorunlarla karşılaşabilir. Bu durumda bitkilerin fizyolojik süreçleri, özellikle su alımı ve gaz değişimi, ciddi şekilde olumsuz etkilenir (Tisdall ve Oades, 1982).

Toprağın kimyasal sağlığı, bitki büyümesi ve verimliliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Toprağın pH seviyesi, bitkilerin besin elementlerini ne ölçüde alabildiğini doğrudan etkiler. Örneğin, düşük pH koşullarında topraklar fosfor, kalsiyum ve magnezyum gibi elementlerin bitki kökleri tarafından emilimini sınırlar. Benzer şekilde, yüksek alkali reaksiyona sahip topraklar demir, manganez ve çinko gibi mikro besinlerin alımını engeller (Marschner, 2011). Toprak tuzluluğu, özellikle sodyumun aşırı birikiminden dolayı bitkilerin su ve besin elementlerini kökleri aracılığıyla yeterince alamamasına neden olur, bu da bitkilerde kuraklık benzeri stres faktörlerine maruz kalmasına yol açar ve bu durum bitkinin büyümesini ve gelişmesini büyük ölçüde yavaşlatır (Rengasamy, 2010). Toprak kimyasal özelliklerindeki bozulunum, bitki fizyolojisinin çok önemli olan bir takım süreçlerini olumsuz etkiler; örneğin, fotosentez, solunum ve hücre bölünmesi gibi süreçler büyük oranda engellenir. Fosfor eksikliği, bitki köklerinin gelişimini sınırlayarak fotosentezi ve enerji metabolizmasını olumsuz etkilerken, demir eksikliği klorofil üretimini azaltır ve bitkilerde kloroz gibi anomilikler oluşturur (Pearcey ve ark., 2012). Bitkilerin sağlıklı büyümesi ve hastalıklara karşı direnç göstermesi için azot, fosfor ve potasyum gibi makro besin elementlerinin yanı sıra demir, çinko ve bakır gibi mikro besin elementlerinin de dengeli bir şekilde bulunması gereklidir.

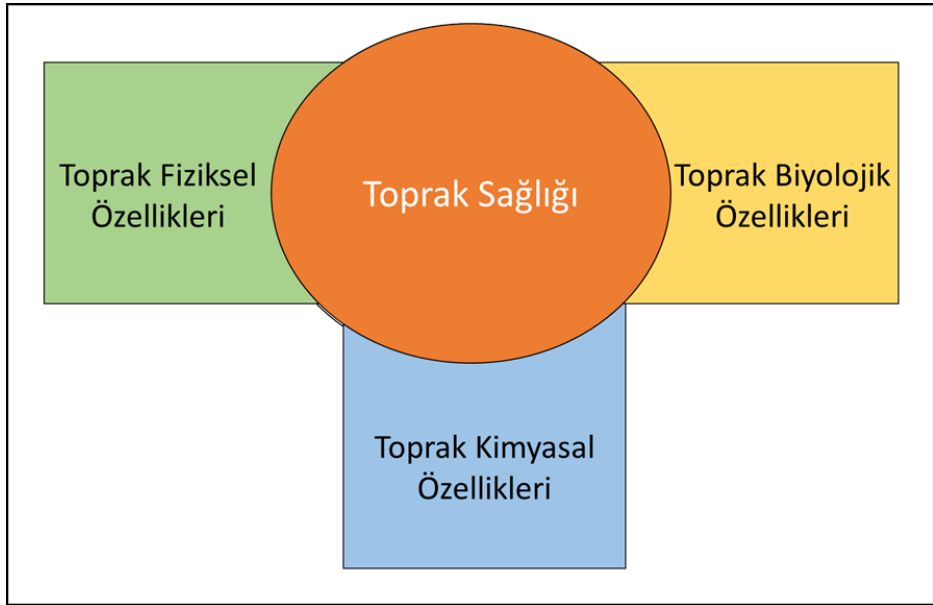
Toprağın biyolojik sağlığı ise hem bitki büyümesi hem de patojenlere karşı direncin artırılmasında kritik bir rol oynar. Özellikle mikoriza

mantarları ve faydalı bakteriler, bitkiler için gerekli besinlerin toprakta daha erişilebilir hale gelmesini sağlar. Mikorizalar, köklerin toprak içerisinde daha geniş bir alandan su ve besin almasına olanak tanır, bakteriler ise azot döngüsünü düzenleyerek bitkilerin azot ihtiyacını karşılar (Smith ve Read, 2010). Bu mikroorganizmalar, patojenleri baskı altına alarak bitki sağlığını korur. Topraktaki mikrobiyal aktivite, organik madde varlığına bağlıdır; organik madde, mikroorganizmalar için bir enerji kaynağı olmasının yanı sıra, toprağın su tutma kapasitesini de artırır (Brady ve ark., 2008).

Sonuç olarak, toprak sağlığı; bitkilerin fizyolojik süreçlerinin temelini oluşturur ve hem verimli tarım uygulamalarının hem de doğal ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından hayati önem taşır. Sağlıklı bir toprak yapısı, besinlerin optimal seviyelerde sağlanmasını, suyun etkin kullanılmasını ve bitkilerin çevresel stres faktörlerine karşı daha dirençli olmasını sağlar. Bu nedenle, tarımsal üretimde ve çevre yönetiminde toprak sağlığını koruma stratejileri geliştirilmesi, bitki fizyolojisi ve ekosistemlerin işleyişi açısından uzun vadeli faydalar sunar.

2. Toprak Sağlığının Bileşenleri

Toprak sağlığı, bitkilerin büyüme ve gelişme süreçlerini doğrudan etkileyen bir dizi fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşene dayanır. Bu bileşenler, toprağın fiziksel yapısından kimyasal bileşenlerine ve biyolojik aktivitesine kadar geniş bir yelpazeyi kapsar (Şekil 1). Sağlıklı bir toprak, bu üç bileşenin dengeli bir şekilde bir arada bulunmasıyla, bitkilerin kök gelişimini, su ve besin alımını destekleyerek optimum büyüme koşullarını sağlar (Doran ve Zeiss, 2000; Karlen ve ark., 1997).



Şekil 1. Toprak Sağlığı Bileşenleri

Toprağın fiziksel sağlığı, toprağın tekstürü, strüktürü ve su tutma kapasitesi gibi özellikler ile belirlenir. Bu fiziksel özellikler, bitki köklerinin toprakta nasıl geliştiği ve bitkilerin ihtiyaç duyduğu su ile besinleri nasıl aldığı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Brady ve ark., 2008). Toprağın tekstürü, kum, silt ve kil parçacıklarının oranına bağlı olarak belirlenir. Kumlu topraklar büyük parçacıklara sahip olduğu için suyu ve havayı kolayca geçirir, ancak su tutma kapasitesi düşüktür (Hillel, 2003). Kil oranı yüksek olan topraklar ise daha sıkı ve yoğun bir yapıya sahiptir. Bu topraklar suyu daha uzun süre tutabilir, ancak toprak havası yetersiz olabilir dolayısı ile bu durum kök gelişimini sınırlayabilir (Dexter, 2004). Silt bakımından zengin topraklar ise genellikle orta büyüklükte parçacıklara sahip olup, suyu ve besinleri tutma kapasitesi açısından daha dengeli bir yapıya sahiptir (McBratney et al., 2014).

Toprak yapısı, bitki köklerinin yayılma alanını ve kök büyümesini doğrudan etkiler. Toprak içerisinde kum, kil ve silt oranının eşit dağılımı, köklerin toprak içerisinde kolayca yayılmasına izin verir ve kökler, bitkinin ihtiyaç duydukları bitki besin elementleri ile birlikte suya da kolayca ulaşabilir (Oades, 1984). Ayrıca, köklerin ihtiyaç duyduğu oksijenin toprak içerisinde temin edebilmeleri için toprağın iyi havalanması gerekmektedir. Toprak sıkışması, kök gelişimini engelleyerek bitkinin büyüme hızını yavaşlatır ve bitki besin alımını önemli oranda sınırlar (Hamza and Anderson, 2005). Toprağın su tutma kapasitesi, bitkilerin su alımını ve büyüme süreçlerini doğrudan etkiler. Kumlu topraklar, geniş gözenekli yapıları nedeniyle toprakta suyu hızla drene etmektedir. Bu durumdan dolayı bitkiler kumlu topraklarda kendileri için gerekli olan suyu ihtiyaç duydukları anda yeterli miktarda bulamayabilir (Brady ve ark., 2008). Bu, bitkilerin su stresine maruz kalmasına ve dolayısı ile hem verim düşüklüğüne hemde gelişim geriliğine neden olabilir. Kil içeriği yüksek topraklarda ise bu durum biraz daha farklıdır. Killi topraklar, suyu uzun süre tutma kapasitesine sahip oldukları için toprakta fazla su tutarak hem suyun drene olmasını engelleyebilir hem de köklerin oksijen alımını büyük oranda sınırlayabilir (Hillel, 2003). Optimum su tutma kapasitesine sahip bir toprak, bitkilerin transpirasyon ve fotosentez gibi temel fizyolojik süreçlerini sürdürebilmesi için gereken suyu önemli oranda sağlayabilmektedir. Ayrıca, suyun dengeli bir şekilde bitkiye ulaşması, hücre turgoru ve bitki büyümesi için hayati öneme sahiptir (Schulze ve ark., 2005). Kuraklık stresine dayanıklı bitkiler, su tutma kapasitesi düşük topraklarda gelişim gösterebilse de, çoğu bitki için suyun yeterli

ve dengeli bir şekilde sağlanması için kritik bir öneme sahiptir (Chaves ve ark., 2003).

3. Toprak Sağlığının Bitki Fizyolojisine Etkileri

Toprak sağlığı, bitkilerin fizyolojik süreçlerini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Bitkilerin büyümesi, gelişmesi, stres koşullarına karşı direnç göstermesi gibi temel süreçler, topraktaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerle şekillenir. Toprak sağlığının bitki fizyolojisi üzerindeki etkileri, kök gelişimi, su alımı, besin maddelerinin taşınması ve stres faktörlerine karşı adaptasyon gibi geniş bir perspektifte incelenebilir (Brady ve ark., 2008; Doran ve Zeiss, 2000).

Kökler, bitkilerin toprakla olan en önemli temas noktasıdır. Köklerin sağlıklı bir şekilde büyüebilmesi için toprağın fiziksel yapısı, besin maddeleri ve su geçirgenliği gibi faktörlerin uygun olması gereklidir. Kök mimarisi, bitkilerin topraktan su ve besin maddelerini etkin bir şekilde alabilmesi açısından büyük önem taşır (Lynch, 1995). Toprağın hava ve su geçirgenliği, kök gelişiminin hızını ve köklerin toprak içerisindeki yayılma şeklini doğrudan etkiler. İyi havalanmış bir toprak, köklerin ihtiyaç duyduğu oksijeni sağlar ve kök hücrelerinin solunum yapmasına olanak tanır (Passioura, 2002). Toprak sıkışması durumunda köklere yeterince oksijen ulaşamaz ve bu da kök gelişimini olumsuz etkiler (Hamza & Anderson, 2005). İyi drenaj özelliğine sahip topraklar, fazla suyun topraktan uzaklaştırılmasını sağlar ve kök boğulmasını önlerken, kumlu topraklar suyu hızla drene ederek bitki köklerinde kuraklık stresine yol açabilir (Dexter, 2004; Brady ve ark., 2008).

Topraktaki organik madde, kök sağlığı açısından büyük öneme sahiptir. Organik madde, toprak yapısını iyileştirir, su tutma kapasitesini artırır ve kök gelişimini destekleyen mikroorganizmaların hem popülasyonunu hem de etkinliğini artırır (Oades, 1984). Ayrıca, köklerin sağlıklı büyümesi için azot, fosfor ve potasyum gibi makro besin elementleri de gereklidir (Marschner, 2011).

Topraktaki suyun, bitkilerin fizyolojik süreçleri üzerindeki etkisi büyüktür. Bitkilerin su alımı, transpirasyon, hücre turgoru ve fotosentez gibi yaşamsal işlevler için gereklidir (Mohr ve Schopfer, 2012). Toprak yapısı, suyun kökler tarafından emilme oranını büyük oranda etkilemektedir. Orta bünyeye sahip topraklar, suyun kök bölgesinde daha uzun süre kalmasını sağlar ve bitkilerin bu suya sürekli erişimine olanak tanır (Brady ve ark., 2008). Kumlu topraklar ise suyu hızla drene ederek bitki köklerinin susuz kalmasına neden olabilir (Hillel, 2003).

Kuraklık stresi, bitkilerin fizyolojisini olumsuz etkileyen en önemli çevresel faktörlerden biridir. Sağlıklı topraklar, suyu daha etkin bir şekilde toprakta tutarak kuraklık dönemlerinde bitkilerin suyu ihtiyaç duyduğu anda bitkinin suya daha kolay erişimini sağlar. Organik madde seviyesi yüksek topraklar, kuraklık stresine karşı bitkilerin dayanıklılığını artırmada önemli bir rol oynar (Chaves ve ark., 2003; Lal, 2004).

Bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan makro ve mikro bitki besin elementlerinin toprakta yeterli miktarda bulunması ve bitkiler tarafından alınabilir formda olması gerekmektedir. Toprak sağlığı, bu elementlerin bitki kökleri tarafından alınıp taşınmasında kritik bir rol

oynar (Marschner, 2011). Azot, fosfor ve potasyum gibi makro bitki besin elementleri, bitkilerin temel büyüme süreçlerini desteklerken, demir, çinko ve bakır gibi mikro besinler bitkilerin enzimatik aktiviteleri için gereklidir (Alloway, 2008).

Toprak sağlığı, bitkilerin fotosentez, solunum ve büyüme hızı gibi temel fizyolojik süreçler üzerinde doğrudan etkili olabilir. Topraktaki besin elementlerinin dengesiz veya eksik olduğu durumlarda, bitkiler yeterli oranda enerji üretemez ve bu durum fotosentez hızı da önemli oranda olumsuz etkiler (Mohr ve Schopfer, 2012).

4. Toprak Sağlığını İyileştirmenin Bitki Fizyolojisine Katkıları

Toprak sağlığının iyileştirilmesi, bitkilerin büyüme, gelişme ve stres koşullarına karşı direnç gösterme yeteneklerini doğrudan etkiler. Organik madde yönetimi, mikrobiyal aktivitelerin teşviki, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve kompost gibi doğal iyileştiricilerin kullanımı, toprak sağlığını artırarak bitki fizyolojisine büyük katkılar sağlar (Lal, 2004). Organik madde ile zenginleştirilmiş topraklar, daha iyi su tutma kapasitesine ve bitki gelişimi için gerekli olan bitki besin elementlerine sahiptir. Toprak organik maddesi, hem bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerinin toprakta tutulmasına hem de mikroorganizmaların etkinliğini artırarak kök gelişiminin desteklenmesine yardımcı olur (Magdoff ve Weil, 2004). Bu, bitkilerin su ve besin elementlerine daha verimli ulaşmasını sağlayarak bitki büyüme hızlarını artırır (Brady ve ark., 2008).

Mikrobiyal aktivitenin artırılması, özellikle mikoriza mantarları ve azot bağlayıcı bakteriler gibi simbiyotik mikroorganizmalar aracılığıyla

bitkilerin bitki besin elementi alımını ve stres direncini geliştirir (Smith ve Read, 2010). Mikorizalar, bitki köklerinin toprak içerisinde daha geniş bir alandan su ve besin maddesi almasına olanak tanırken, bakteriler azot döngüsünü destekleyerek bitkilerin azot ihtiyacını karşılar. Bu mikroorganizmalar, ayrıca bitkilerin patojenlere karşı korunmasına da katkıda bulunur (Trivedi ve ark., 2022). Sürdürülebilir tarım uygulamaları da toprak sağlığını koruma ve iyileştirme açısından önemlidir. Münavebeli ekim, örtü bitkileri kullanımı ve minimum toprak işleme gibi uygulamalar, toprağın fiziksel yapısını bozmadan verimliliği artırır. Bu uygulamalar, topraktaki organik maddeyi ve mikrobiyal çeşitliliği destekleyerek bitkilerin daha sağlıklı büyümesini sağlar (Altieri, 1999).

Sonuç olarak, toprak sağlığını iyileştiren uygulamalar bitki fizyolojisine büyük katkılar sağlar. Bu iyileştirmeler, bitkilerin daha etkin su ve bitki besin elementi alımı yapmasına, hastalıklara ve çevresel stres faktörlerine karşı daha dirençli olmasına olanak tanır. Sağlıklı bir toprak, bitkilerin uzun vadede sürdürülebilir büyümesini destekler ve tarımsal üretkenliği artırır (Doran, 2002).

5. SONUÇ

Toprak sağlığı, bitki fizyolojisinin tüm temel süreçleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bitkilerin kök gelişimi, besin alımı, su düzenleme mekanizmaları ve çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılığı, doğrudan toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile bağlantılıdır. Toprağın iyi havalanması, su tutma kapasitesi, uygun pH seviyesi ve yeterli bitki besin elementlerine sahip olması, bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyümesini destekler. Mikrobiyal

faaliyetlerin zengin olduğu topraklar ise bitki-mikroorganizma etkileşimlerini güçlendirerek bitkilerin hastalıklara ve çevresel strese karşı direnç göstermesini sağlar.

Toprak sağlığını artırmanın bitki fizyolojisine olan katkıları, sadece bitkisel üretimi değil, ekosistemlerin sürdürülebilirliğini de olumlu yönde etkiler. Sürdürülebilir tarım uygulamaları, toprağın fiziksel ve kimyasal dengesini korurken, biyolojik çeşitliliği artırarak doğal döngülerin devamlılığını sağlar. Organik madde ile zenginleştirilmiş ve mikrobiyal çeşitlilik açısından zengin topraklar, daha etkin su ve besin yönetimi sunar, bu da bitkilerin daha sağlıklı ve üretken olmasını sağlar. Sağlıklı topraklar, toprak erozyonu, besin kaybı ve çölleşme gibi küresel çevre sorunlarını önlemek için kritik bir role sahiptir.

Sonuç olarak, sağlıklı topraklar, sürdürülebilir tarımın temelini oluşturur ve doğal ekosistemlerin uzun vadeli sağlığı ve verimliliği açısından hayati önem taşır. Toprak sağlığının korunması ve iyileştirilmesi, sadece tarımsal verimliliği değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği destekleyen bir strateji olarak kabul edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Brady, N. C., Weil, R. R., Weil, R. R. (2008). The nature and properties of soils (Vol. 13, pp. 662-710). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Chauhan, P., Sharma, N., Tapwal, A., Kumar, A., Verma, G. S., Meena, M., Swapnil, P. (2023). Soil microbiome: diversity, benefits and interactions with plants. *Sustainability*, 15(19), 14643.
- Chaves, M. M., Maroco, J. P., Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. *Functional plant biology*, 30(3), 239-264.
- Das, P. P., Singh, K. R., Nagpure, G., Mansoori, A., Singh, R. P., Ghazi, I. A., Singh, J. (2022). Plant-soil-microbes: A tripartite interaction for nutrient acquisition and better plant growth for sustainable agricultural practices. *Environmental Research*, 214, 113821.
- Dexter, A. R. (2004). Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, 120(3-4), 201-214.
- Doran, J. W., Zeiss, M. R. (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied soil ecology*, 15(1), 3-11.
- Hamza, M. A., Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and tillage research*, 82(2), 121-145.
- Hillel, D. (2003). *Introduction to environmental soil physics*. Elsevier.
- Lynch, J. (1995). Root architecture and plant productivity. *Plant physiology*, 109(1), 7.
- Marschner, H. (Ed.). (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.
- McBratney, A., Field, D. J., Koch, A. (2014). The dimensions of soil security. *Geoderma*, 213, 203-213.
- Mohr, H., Schopfer, P. (Eds.). (2012). *Plant physiology*. Springer Science & Business Media.
- Oades, J. M. (1984). Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and soil*, 76, 319-337.
- Passioura, J. B. (2002). Soil conditions and plant growth. *Plant, Cell & Environment*, 25(2), 311-318.

- Pearcey, R., Mooney, H. A., Rundel, P. W. (Eds.). (2012). Plant physiological ecology: field methods and instrumentation. Springer Science & Business Media.
- Rengasamy, P. (2010). Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology*, 37(7), 613-620.
- Schulze, E. D., Beck, E., Müller-Hohenstein, K. (2005). *Plant ecology*. Springer Science & Business Media.
- Smith, S. E., Read, D. J. (2010). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic press.
- Tisdall, J. M., OADES, J. M. (1982). Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of soil science*, 33(2), 141-163.
- Trivedi, P., Batista, B. D., Bazany, K. E., Singh, B. K. (2022). Plant-microbiome interactions under a changing world: responses, consequences and perspectives. *New Phytologist*, 234(6), 1951-1959.
- Zolla, G., Bakker, M. G., Badri, D. V., Chaparro, J. M., Sheflin, A. M., Manter, D. K., Vivanco, J. (2013). Understanding root-microbiome interactions. *Molecular microbial ecology of the rhizosphere*, 1, 743-754.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1-2), 1-22.
- Alloway, B. J. (2008). Micronutrients and crop production: An introduction. In *Micronutrient deficiencies in global crop production* (pp. 1-39). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Magdoff, F., Weil, R. R. (2004). *Soil organic matter in sustainable agriculture*. CRC press.
- Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. In *Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes* (pp. 19-31). Elsevier.
- Doran, J. W. (2002). Soil health and global sustainability: translating science into practice. *Agriculture, ecosystems & environment*, 88(2), 119-127.

BÖLÜM 4

ARBÜSKÜLER MİKORİZAL MANTARLARIN (AMF) TOPRAK SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Öğrencisi Zemzem FIRAT^{1*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13760598>

¹ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. zemzemfirat63@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4549-9389>

1. Giriş

21. yüzyılın önümüzdeki on yıllarında tarımsal uygulamalarda, istikrarsız ekonomi, iklim değişikliği ve biyolojik çeşitliliğin bozulması gibi nedenlerden dolayı küresel nüfusun ihtiyaçlarını karşılayacak kadar sağlıklı gıda üretme konusunda muazzam zorluklarla karşı karşıya kalacaktır (Zhao ve ark., 2017).

Toprak, insan ve ekosistem sağlığını etkilediği için gelecekte tarımsal sürdürülebilirliği garanti edemez (Ma ve ark., 2022). Toprak bozulmasına (Liu ve ark., 2020), toksik metallerin toprakta birikmesine (Sahodaran ve Ray, 2018) ve topraklarda biyosit kalıntılarının (Silva ve ark., 2019) neden olarak verimliliği olumsuz etkiler. Tarımsal alanlarda kimyasal gübrelerin sürekli uygulanması zararlılara karşı direnç oluşturmada (Phillips, 2020), bu da tarımsal üretimin maliyetini olumsuz etkiler (Durham ve Mizik, 2021). Ayrıca küresel sera gazı emisyonlarının %10' undan fazla artırarak (Chai ve ark., 2019), küresel ısınmayı hızlandırır. Bu nedenle, kimyasallaştırılmış geleneksel tarım gelecekte gıda güvenliği ve sağlığına meydan okuyacaktır.

Gübreler, bitkinin optimum büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan besin ihtiyacını toprağa kazandırır. Gübre uygulama dozu, topraktaki besin eksikliğine ve belirli ürünün ihtiyacına göre uygulanır (Selim, 2020). Geleneksel tarımsal üretkenlikte kimyasal gübrelere olan talep sürekli olarak artmakta, bu da üretim maliyeti artışına ve yüksek enerji tüketimine doğrudan etki etmektedir. Dahası, en büyük mahsullerin veriminin sürekli artan insan nüfusuna kıyasla düşüşte olması oldukça hayal kırıklığı yaratıyor (Grassini ve diğerleri, 2013; Zhao ve diğerleri, 2017). Geleneksel tarım uygulamalarında gübreler,

kısa sürede verimi artırmak ve daha fazla ürün elde etmek için ihtiyaç duyulandan daha yüksek dozlarda kullanılmaktadır. Yüksek verimli çeşitler, hızlı besin tedariki ve kimyasal kontrol gerektirir (Singh, 2017). Bitki ihtiyacından fazla uygulanan kimyasal gübrelerin büyük bir kısmı bitkiler tarafından kullanılamaz hale gelir ve bu durum toprak toksisitesine, toprak kalitesinin bozulmasına, yararlı toprak mikroflorasının kaybına, toksik elementlerin yeraltı suyuna sızmasına, gaz halinde atmosferde birikmesine ve su kaynaklarına karışmasına neden olur; sonuç olarak insan sağlığı sorunlarına ve tüm ekosistemde sürdürülebilirliğin kaybına yol açar (Meena ve diğerleri, 2020; Prashar ve Shah, 2016). Tüm bunlar zamanla büyük bir biyolojik çeşitlilik kaybına neden olur. Bu tür uygulamalar kısa vadede verim artışına neden olur ancak ekolojik olarak teşvik edilen uzun vadeli olumsuz etkiler doğrudan sağlıklı gıda güvenliğine meydan okur (Messerli ve ark., 2019; Godfray ve Garnett, 2014).

Gelişmiş ve gelişmekte olan çoğu ülkeler organik gıda üretimi, tüketimi ve ithalatını tercih etmektedir. Gelişmekte olan ülkeler de ihracat ve kâr payı için organik tarımı benimsemektedir. Son birkaç yılda, modern tarım nedeniyle ekolojik çeşitlilik, güvenli gıda, çevre ve ekonomi üzerindeki olumsuz etkilerle ilgili olarak kamu bilinci gelişmektedir (Willer ve diğerleri, 2023). Bu nedenle, ekolojik ve sağlık açısından herhangi bir tahribata ve zarara yol açmadan yeterli bitkisel üretimin mümkün olduğu sürdürülebilir tarımsal yönetim kavramı ortaya çıkmaktadır (Andres ve Bhullar, 2016).

2. Sürdürülebilir Tarımsal Üretim

Sürdürülebilirlik kelimesi Latince *sustinere* kelimesinden türemiştir ve anlam olarak varlığını sürdürmek, kalıcılık veya uzun süreli destek anlamına gelir. Tarımsal üretim bağlamında, Ikerd (1993) sürdürülebilir tarımı “uzun sürede üretkenliğini ve toplum için yararlılığını sürdürebilen” olarak tanımlamıştır. “Çevresel olarak sağlam, kaynaklarını koruyan, ekonomik olarak uygun ve sosyal olarak destekleyici, ticari olarak rekabetçi ve çevresel olarak sağlam olmalıdır”.

Tarımsal sürdürülebilirliğe ilgi, 1950'ler ve 1960'larda ortaya çıkmaya başlayan çevresel kaygılara kadar izlenebilir (Ward ve Dubos, 1972). Bununla birlikte, sürdürülebilirlikle ilgili kavramlar ve uygulamalar en azından Çin, Hindistan, Yunanistan ve Roma'dan günümüze ulaşan en eski metinlere kadar uzanmaktadır (Pretty, 2003 ; Conway, 2012). Tarımın sürdürülebilir şekilde yoğunlaştırılması (Garnett ve ark., 2013; Pretty ve Bharucha, 2014 ; Andres ve Bhullar, 2016), bazen ekolojik yoğunlaştırma olarak da adlandırılır, koruma tarımının temel yönlerini içermesi muhtemeldir (Hobbs ve ark., 2008; Giller ve ark., 2015). Korumalı tarımın temelleri, sıfır toprak işleme uygulamaları (Pittelkow ve ark., 2015), sürekli ürün örtüsü (çeşitli yollarla, örneğin örtü bitkileri) ve çeşitlendirme uygulamalarıdır (Ponisio ve ark., 2015).



Şekil 1. Sürdürülebilir Tarımın Bileşenleri (Suman ve ark., 2022)

Sürdürülebilir tarım; gıda, enerji ve doğal kaynak ihtiyacını karşılarken, aynı zamanda toprak, su ve biyolojik çeşitliliği koruyan bir uygulama şekli olarak tanımlanmaktadır (Menalled ve ark., 2008). Başka bir tanıma göre sürdürülebilir tarım, insan sağlığı ve çevreyi koruyan üretim sistemleriyle birlikte, teknolojinin dengeli kullanılması ve doğru işletme yönetimini de kapsayan sistemler bütünü olarak ifade edilmektedir (Hess, 1991).

2.1. Organik Tarım ve İyi Tarım Uygulamaları

Dünyada tarımsal kaynaklı çevresel sorunların çözümüne yönelik çabalar, insan sağlığı ve doğal kaynakları korumayı esas alan sürdürülebilir tarım sistemlerinin ilk adımını oluşturmaktadır. Bu bağlamda ortaya çıkan organik tarım ve iyi tarım uygulamaları, günümüzde en yaygın sürdürülebilir tarım sistemleri olarak kabul edilmektedir. Uluslararası Organik Tarım Hareketi Federasyonu (IFOAM)'na göre organik tarım, insan sağlığını koruyan ve ekosistemi devam ettiren bir üretim sistemi olarak ifade edilmektedir. Bu sistem, olumsuz etkileri olan girdilerin kullanımı yerine ekolojik işleme

süreçleri, biyolojik çeşitlilik ve yerel koşullara uyum sağlamış döngülere dayanmaktadır (IFOAM, 2009).

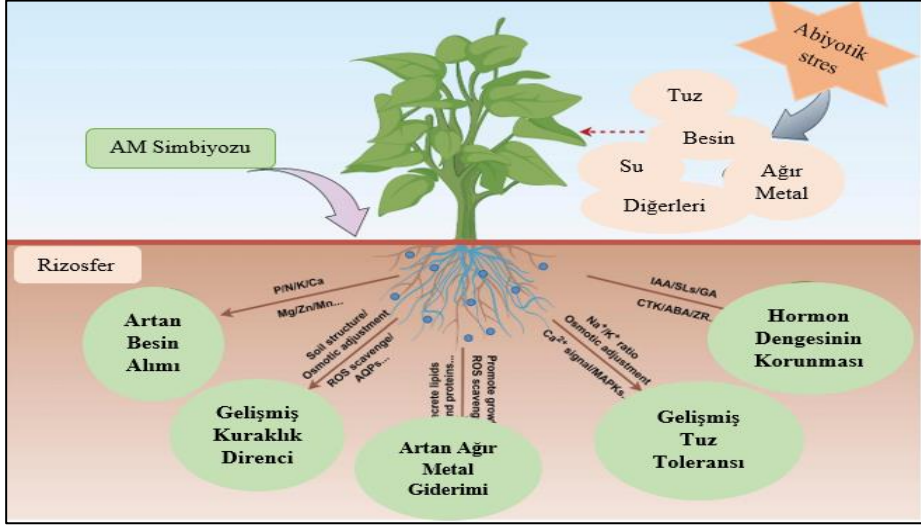
İyi tarım uygulamalarında ise kimyasal girdi uygulamaları söz konusu olmakla birlikte, bu uygulamalar insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyecek şekilde uygulanmaktadır (Hasdemir, 2011). Dünyadaki çevresel sorunların önlenmesinde, sürdürülebilir tarım sistemlerinin geliştirilmesi öncelikli hedef olarak ele alınmaktadır. Bu bağlamda organik tarım ve iyi tarım uygulamalarıyla ilgili yapılan yurt içi ve yurt dışı çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Çalışmaların bazılarında organik tarım ile konvansiyonel tarım (Karabaş ve Gürler, 2011; Atış ve ark., 2016; Sakin ve ark., 2018), bazılarında ise iyi tarım uygulamaları ile konvansiyonel tarım karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır (Hasdemir ve Taluğ, 2012; Yılmaz ve ark., 2016; Amekawa et al., 2017).

Organik gübre, çeşitli toprak mikroorganizmalarının varlığında ve işlevinde faydalanır ve kullanılır. Belirli bir çevre, toprak koşulları ve ürün için uygun mikrobiyal birlikteliklerle organik tarım, ardışık yıllarda verimin değiştirilmesi ve uzun vadeli toprak verimliliğini ve güvenli, yüksek kaliteli gıda üretkenliğini korumak için (Bender ve van der Heijden, 2015; Philippot ve ark., 2013) hayati önem taşımaktadır (Alori ve Babalola, 2018; Santos ve ark., 2019). Organik bir gübreden salınan besin maddelerinin kalitesi ve miktarı, uygulanan gübre türüne (Ye ve ark., 2020), toprağın fizikokimyasal yapısına ve aynı topraktaki mevcut biyotik topluluğa bağlıdır. Günümüzde organik gübrelerin zor bulunabilirliği ve yüksek maliyeti, çiftçilerin organik yollarla ürünlerine yeterli besin maddesi sağlamasını engellemektedir (Bergstrand, 2022). Ayrıca, organik olarak zenginleştirilmiş topraklardaki olumsuz

mikrobiyal aktiviteler, NO₃ 'ün yeraltı sularına sızmasına toprakların denitrifikasyonuna veya asitlenmesine (Wang ve ark., 2018) neden olarak toprakta verimlilik kaybına ve çevresel bozulmalara neden olabilir. Bu nedenle, organik tarımda başarılı olmak için, doğal mikrofloranın sürekli izlenmesine ve her birinin toprak sağlığı ve verimliliğinin korunmasındaki kesin rollerinin belirlenmesine bağlıdır (Reyes-Sanchez ve ark., 2022). Buna ilaveten, topraklardaki doğal mikroflorayı bilimsel olarak yönetme (Mrunalini ve ark., 2022) ve kimyasal gübrelere alternatif olabilen bitki dostu mikroorganizmaları biyogübre olarak kullanma yeteneğimize de bağlıdır. İnsan medeniyetinin sürdürülebilirliği için başarılı bir alternatif tarım biçimi olarak organik tarımın evrimi için, istenen mikroorganizmaların biyogübre olarak uygun bir şekilde sağlanması (Yang ve ark., 2021) kaçınılmaz hale gelmiştir. Topraklardaki mikroflora arasında arbüsküler mikorizal mantarlar, biyogübre olarak kullanılabilen en önemli organizma grubudur (Fall ve ark., 2022).

3. Toprak Ekosisteminde Mikorizal Mantarların Görevi

Mikoriza kelime anlamı olarak, bitki kökleri ile toprak mantarlarının simbiyotik (ortak) yaşam şekline denmektedir. Mikorizal mantarlar, toprak kökenli olup, yaşamlarını genelde toprak içerisinde sürdüren Zygomycotina ve Basidiomycotina şubelerine ait türlerden oluşurlar. 400 milyon yıl öncesine ait fosillerde bile arkeologlar tarafından mikorizal yaşamın olduğu kanıtlanmıştır.

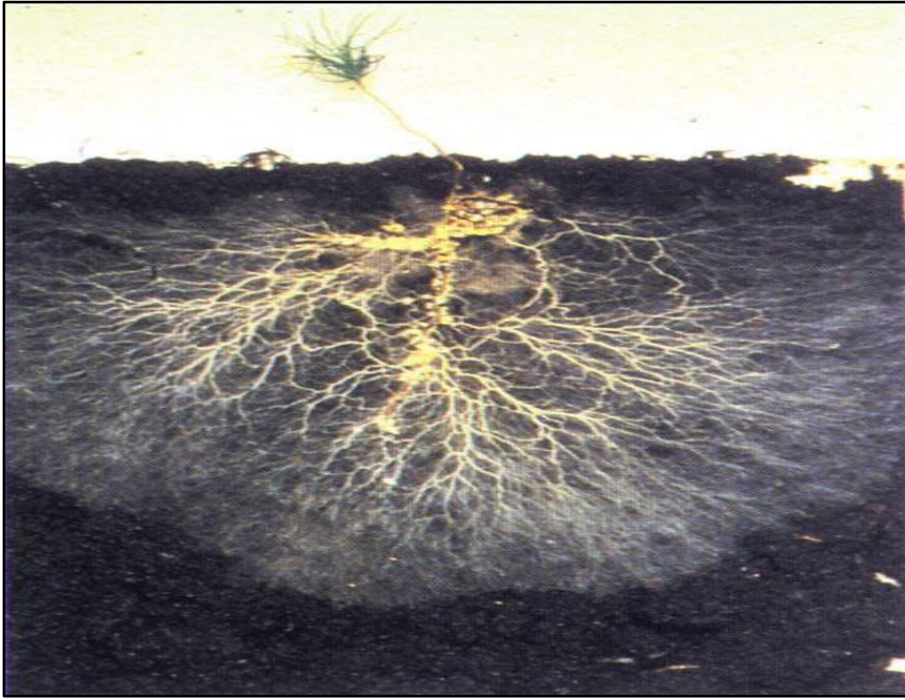


Şekil 2. Mikorizal mantarların görevi (Wang ve ark., 2024).

Günümüzde de popüler olarak dikkat çeken bu yaşam tarzı, eski çağlardan beri bitki ile mantar arasında devam eden ve gün geçtikçe daha da önem kazanan bir yaşam şekli olarak dikkat çekmektedir. Bu ilişki döngü; mantar bitkiden karbon alır, bitkinin kazancı ise mantarın topraktan aldığı besin maddeleri ve sudur. Mikorizal mantarlar; bitki kök yüzeyi, kök dokuları, hücre ve hücrelerarası boşluklara yerleşerek yaşamlarını bitki köklerinde sürdürürler. Kök yüzeyinde yoğun bir fungal örtü ve çok sayıda hif (en ufak misel yapısı) oluşarak bitki kökünün ulaşamadığı yerlere ulaşırlar (Erzurumlu ve Kara., 2014).

Toprak ekosisteminde meydana gelen bazı yaygın birliktelikler; Vesiküler- Arbüsküler Mikoriza (VAM), Ektomikoriza (ECM), Orkide mikorizası, Ericoid mikorizası, Ektendomikorizası (Arbutoid), Sentianoid mikorizası ve Monotropoid mikorizaları şeklindedir. Yedi farklı mikoriza türü arasında, endomikoriza birlikteliği en yaygın olanıdır ve tüm toprak türlerinde bulunur. VAM, arbüsküller ve

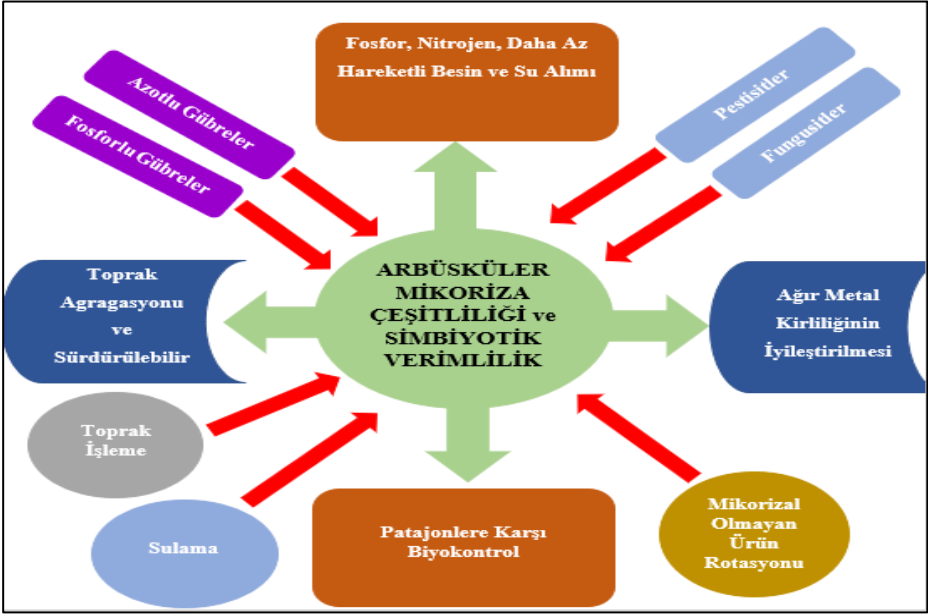
veziküller üretir ve bu nedenle arbüsküler mikorizal mantarlar veya AMF olarak adlandırılır. AMF, besin seviyelerini dengelemeye ve toprak sisteminin işleyişini iyileştirmeye yardımcı olur (Wei ve ark., 2016). Küçük çok çekirdekli, eşeysiz sporlar kullanarak çoğalır ve bunların sayısı miselyum tarafından önemli ölçüde artırılır. Biyoçeşitlilik, ekosistem değişkenliği ve üretkenlik AMF çeşitliliğinin yardımıyla sürdürülebilir.



Şekil 3. Mikorizal mantarların kolonize ettiği bir ağacın kökleri (Adhikari, 2016).

Arbüsküler mikorizal mantarların (AMF) biyo-aşılama olarak uygulanması etkili bir alternatif olabilir, uzun vadeli toprak verimliliği, bitki beslenmesi ve korumada önemli faydalar sağlayabilir, sürdürülebilir tarımda umut verici bir potansiyele sahiptir (Thirkell ve ark., 2017). Ortak endotrofik simbiyont olan arbüsküler

mikorizalar (AM), taksonomik ve işlevsel olarak çeşitli (Lee ve ark., 2013) ve monofiletik filumun üyeleri, kara bitkilerinin %90'ından fazlasında mevcuttur. Bunlar iki benzersiz yapı oluşturur: besin alışverişleri için ince dallanmış hifal uç arbüskülleri ve konak bitkinin kök korteks hücreleri içinde besin maddelerinin depolanması için balon benzeri veziküllerdir (Pepe ve ark., 2016). AMF, toprak kaynaklı patojenlere karşı konuk bitki hastalıklarını korumak için bir biyolojik kontrol ajanı olarak da kullanılmaktadır (Veresoglou ve Rillig, 2012).

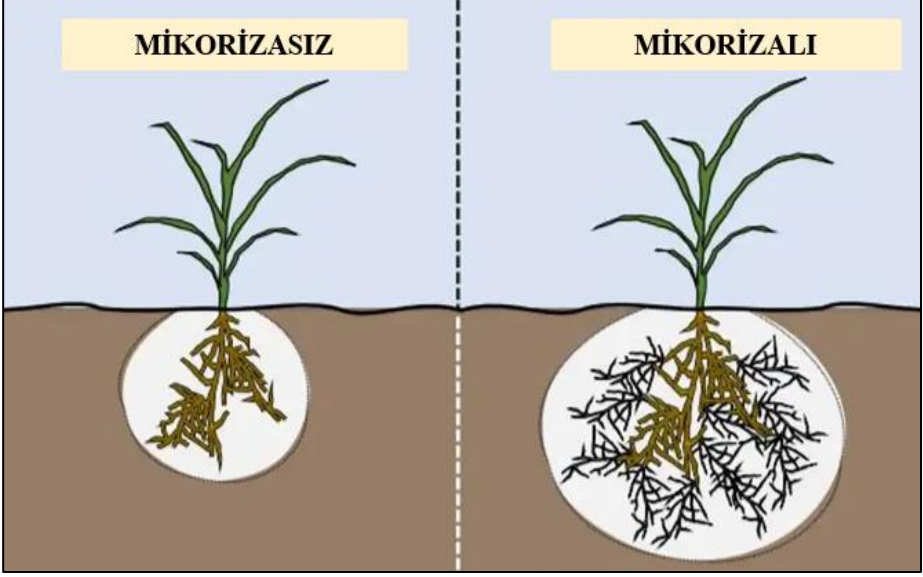


Şekil 4. Mikoriza çeşitliliği ve simbiyotik verimlilik

3.1. Biyogübre olarak AMF

Genel olarak, biyogübreler mikrobiyal popülasyon içeren ve toprağa uygulandığında mineral besin alımını, su teminini, biyotik/abiyotik streslere karşı korumayı ve toprak kalitesini teşvik ederek gelişmiş bitki büyümesiyle sonuçlanan maddelerdir. Özellikle, mantar

mikroorganizmaları (ince hif yapıları nedeniyle) bitki köklerinin ulaşamadığı topraktan besin edinme yeteneklerine sahip son derece yetenekli ağlar olarak ortaya çıkmışlardır (Drew ve ark., 2003). Bu nedenle, mikorizal simbiyoz, besin alımıyla ilgili sınırlamaları hafifletmede ümit vericidir (Nouri ve ark., 2015). Ayrıca bitkilerin, sürdürülebilir besin temini için toprağın tükenmiş besin bölgelerinin ötesine geçen tek bir hiften daha fazla enerjiyi (C formunda) kök üretmek için harcadığı çok ilginç bir gerçektir. Mikorizal simbiyoz, toprak dokusunun iyileştirilmesi ve diğer fizikokimyasal özellikler için elverişli olmakla birlikte agregat oluşumu (kuru veya ıslak koşullarda), iyileştirilmiş toprak katalitik performansları, hifsel dolaşıklık nedeniyle uygun havalandırma, dengeli toprak pH'ı vb. ile sonuçlanır. Toprağın derinlerine nüfuz eden mantar hifleri, toprak parçacıkları üzerinde ağ benzeri bir tutuş oluşturarak mikro ve makro agregat oluşumuyla sonuçlanır (Auge ve ark., 2004). Mantar eksüdatı olan glomalin, bu agregatların oluşumuyla ilişkilidir ve toprak matrisini tutmaya yardımcı olur (Rooney ve ark., 2009). Bu agregatlar nihayetinde şunları sağlar: (a) şiddetli rüzgâr ve su akışı yoluyla toprak erozyonuna karşı koruma, (b) toprağa gözenekli doku, (c) diğer mikrobiyal popülasyonlar tarafından organik maddenin çürümesini önleyerek karbon fiksasyonu ve (d) toprak neminin düzenlenmesi (Auge ve ark., 2004) sağlar. Son zamanlarda yapılan bir çalışmada, glomalin ile ilişkili proteinlerin (AMF ürünü) artan toprak agregasyonu ve organik karbon sekestrasyonu yoluyla aşınmış toprakların restorasyonuna yardımcı olduğu gösterilmiştir (Zhang ve ark., 2022).



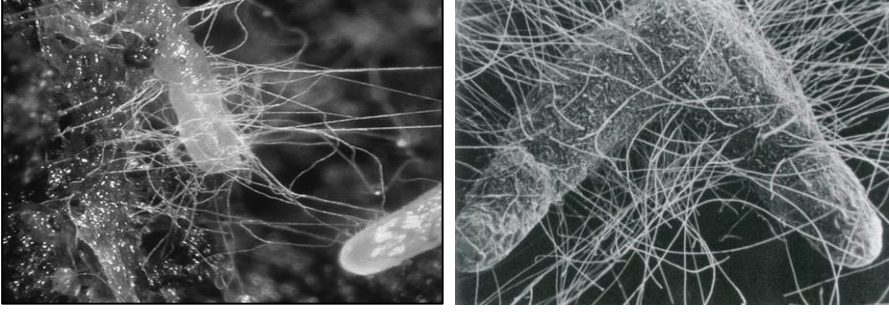
Şekil 5. Mikorizanın bitkide gösterdiği etki (Cobb ve ark., 2018).

4. Sürdürülebilir Tarımda Mikorizal Mantarların Potansiyel Rolü

Toprağın doğal yeteneklerinden yararlanılarak, maliyetli, insan-hayvan-bitki ve çevreye zararlı olan kimyasal girdilere olan ihtiyaç azaltılabilir. Ek olarak, su ve yakıt gibi girdilerin genel giderlerini azaltmak maliyetleri düşürmeye ve verimliliği artırmaya yardımcı olabilir (Li ve ark., 2023). Son olarak, ekolojik kirlenmeyi önlemek, tarımsal işletmelerin faaliyet gösterdiği ekosistemleri korumaya yardımcı olur ve sonunda sürdürülebilirliği sağlamaya yardımcı olabilir. Yararlı toprak mikroorganizma teşvik ederken toprak ortamının ürün büyümesi için uygun olduğundan emin olmak için etkili bir yönetim sistemi uygulanmalı ve izlenmelidir. Buna yeterli nem ve besin seviyelerinin korunması ve besin maddelerinin sızması ve sıkışmasının kontrol edilmesi dahildir (Liu ve ark., 2020). Diğer toprak faktörleri, nematodların varlığı ve organik veya inorganik gübrelerin uygulanması

gibi, hesaba katılmalıdır. Bitkiler ve mikroorganizmalar ilginç bir şekilde birlikte çalıştıkları için, mikorizal mantarlar sürdürülebilir tarımı önemli ölçüde destekler (Díaz-Urbano ve ark., 2023).

Sürdürülebilir tarım sistemlerinde bu simbiyotik mantarlar arasındaki bağlantı, özellikle belirli bileşenler yetersiz olduğunda zorunlu görünmektedir. AM, bu koşullar altında besinleri kullanılabilir formlara seferber etmede paha biçilmezdir (Li ve ark., 2023). Bu kültür içindeki ekstra-radikal miselyum paha biçilmez olabilir çünkü AM mantar çoğalması toprak kalitesini ve yapısal kararlılığı artırmıştır (Medina-Sauza ve ark., 2019). Bunun bitki büyümesini teşvik ettiği gösterilmiştir. AM mantar çoğalması, toprak kalitesine ve yapısal kararlılığa katkıda bulunduğu için sürdürülebilir tarım uygulamalarının giderek daha önemli bir parçası haline gelmektedir. Bu mikorizal ilişkilerden yararlanmak, böcek ilaçları ve gübreler gibi kimyasal girdileri azaltarak üretkenliği etkili bir şekilde artıracaktır (Janowski ve ark., 2022). Düşük verimliliğe sahip topraklarda inorganik gübre kullanımı yaygınlaşmış, organik madde eklenmiş ve nadas ekimi ve baklagil bitkilerinin dahil edilmesi gibi uygulamalar, toprak ekosistemlerini iyileştirmek, toprak mikrobiyal büyümesini artırmak ve harici girdileri en aza indirirken bu girdilerin etkinliğini en üst düzeye çıkarmak için besin maddelerinin yeniden kullanımını artırmak amacıyla kullanılmıştır (Ray ve ark., 2020).



Şekil 6. Mikoriza hifleri ve mikroskopik görüntüsü

AMF'nin sadece besin ve su alımında değil, aynı zamanda toprak yapısı ve kalitesinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü dış hifal ağ, mikorizosferde bir iskelet yapısı oluşturarak toprak agregasyonunu teşvik eder (Mardhiah ve ark., 2016). AMF, çeşitli proteinli ve proteinsiz organik bileşikleri serbest bırakarak toprak yapısını iyileştirir, toprak parçacıklarını bağlamak için en etkili protein glomalindir ve bu agregatlar, ağın kaybolmasından altı ay sonra bile stabil halde kalabilir. Arbüsküler mikorizasyon, toprak organik madde içeriğini ve su tutma kapasitesini iyileştirir (Zhang ve ark., 2019), toprak ekosisteminin korunmasına yardımcı olur. Genişletilmiş hifler, kuru topraktaki su açığını gidermek ve buharlaşmayı azaltmak için önemli bir rol oynar (Jayne ve Quigley, 2014).

5. Toprak Verimliliğinde Mikorizal Mantarların Önemi

Bitkiler ve ağaçlar, mikorizalar ve kökleri arasındaki simbiyotik ilişkiden faydalanır. Bu mantarlar, köklerin etrafında bir filament ağı oluşturarak kökün yüzey alanını artırır ve çok daha geniş bir toprak alanına erişim sağlar. Bu, kök sisteminin fosfor, bakır ve çinko gibi toprakta genellikle daha az hareketli olan temel mineralleri alma yeteneğini artırır (Huey ve ark., 2020). Ayrıca, mikorizalar bitkilerin

zayıf toprak koşullarında kendilerini korumalarına ve besin alımlarını iyileştirmelerine yardımcı olabilirler. Mikorizalar, fotosentetik süreçlerle sabitlenen karbon karşılığında temel besinleri sağlamak için bitki kökleriyle iş birliği yapan simbiyotik mantarlardır. Bitki kökleri toprakta hareketsiz kaldığı için, mantar ve kökler arasındaki bu ilişki olmadan besinlere bu kadar fazla erişemezler (Siddiqui ve ark., 2008). Dahası, mantarlar bitkilerin zayıf toprak koşullarında kendilerini kurmalarına ve besin alımlarını iyileştirmelerine yardımcı olur, bu da daha iyi ürün verimine ve gübre ihtiyacının azalmasına katkı sağlar. Bunun nedeni, mikroorganizmaların kök salgılarını kullanarak büyümeleri için gerekli besinleri elde etmeleri ve bunu yaparken bitkiler için besin açısından zengin bir ortam yaratmalarıdır.

Ek olarak, mikroorganizmalar, bitki köklerini hastalığa neden olan organizmalardan korumaya yardımcı olan antibakteriyel ve antifungal özelliklere sahip bileşikler salgılar (Rashid ve ark., 2016). Ayrıca zararlı kimyasallara bağlanan ve toksisitelerini azaltmaya yardımcı olan bileşikler de üretirler. Çok sayıda çalışma, AMF' nin azot alımını artırarak bitki gelişimindeki beslenme zorluklarının üstesinden gelebileceğini göstermiştir (Saboor ve ark., 2021). Çalışmaların çoğu fosfor alımına odaklanmıştır, ancak mikorizal mantarlar aynı zamanda çeşitli temel vitaminlerin emilimiyle de ilişkilendirilmiştir. Mikorizal flora, inorganik besinleri emmede olağan üstüdür. Çünkü mantar hücreleri, enfekte olmamış köklere kıyasla mineral alımı için geniş bir yüzey alanı sağlar (Swain ve ark., 2022). Mantar miselyumunun toprak yoluyla büyümesi nedeniyle, besinleri ve vitaminleri toplar ve genellikle farklı konak çeşitlerinden gelen enfekte olmamış köklere dokunabilir

(Jabborava ve ark., 2021). Köklerle karşılaştırıldığında, daha büyük radikal miselyumlardan daha küçüktür ve köklerin tek başına erişebileceği daha az kristalin mineral, agregat ve organik maddeye nüfuz edebilir. Enzimlerin salgılanmasıyla, erişilemeyen fosfat türleri çözündürülebilir (Pepe ve ark., 2022). Fosfor, bitkilerin nispeten yüksek konsantrasyonlarda ihtiyaç duyduğu mutlak gerekli temel besin maddesidir. Enerji açısından zengin fosfat bağları oluşturarak enerji transferi de dahil olmak üzere tüm biyolojik süreçler için gereklidir. Nükleotidler, şeker fosfatları ve fosfolipitler gibi makromoleküllerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynar (Hallama ve ark., 2019). Mikorizalin sayısız hayati avantajından biri, bitki aracılığıyla P tüketimindeki artıştır. Fosfor alımının genel stratejisi üç alt yöntemi içerir: (i) AMF hifleri yoluyla topraktan asimilasyon, (ii) hifler boyunca dışarıdan içeriye (kök korteksi) miselyumlara hareket ve (iii) P'nin kökün korteks hücrelerine değişimi şeklinde olur (Smith ve ark., 2012). Örneğin, baklagiller tahıllarla birlikte ekildiğinde, baklagiller topraktan fosfor alabilir ve bu fosfor daha sonra baklagiller hasat edildiğinde toprağa salınır, böylece tahıl ürününe fosfor sağlanmış olur. Kökler, iyonların emilim yüzeylerine yayılmasından daha hızlı P emer. Bu, köklerin etrafında fosfat tükenme bölgesini meydana getirir.

6. Mikorizal Mantarların Bitkiye Faydaları

AM mantarları, organik tarım sistemlerinde temel tarımsal ekosistem faydalarını destekleyen toprakta en yaygın olanlardır (Berruti ve ark., 2016). AMF simbiyozu, büyük olasılıkla, (1) daha fazla azot (N), fosfor (P) ve diğer daha az hareketli besin maddelerini elde ederek bitki büyümesini ve beslenmesini artırma, (2) kuraklığa dayanıklılık başlatan

su alımını ve su tutma kapasitesini artırma, (3) toprak tuzluluğu , ağır metal toksisitesi vb. gibi diğer abiyotik streslere karşı toleransı artırma, (4) biyotik streslerin üstesinden gelme ve patojene karşı biyolojik koruma sağlama, (5) toprak kalitesini iyileştirme (6) Bitki canlılığını ve verimini artırma gibi önemli faydalı işlevler potansiyeline sahip olması nedeniyle muhafazakar ve sürdürülebilir tarımda daha uygundur. Bu çok işlevli seçenekler, AM ilişkisini tarımsal sürdürülebilir yoğunlaştırmaya doğru kullanabilir (Garnett ve ark., 2013).

7. Sonuç

Sürdürülebilir bir tarımsal sisteme sahip olmak için, uygun besin tedarikinin yönetimi gerekli koşulu temsil eder ve bu durumda mikoriza katılımı göz ardı edilemez. Mikoriza sporları bitki köklerine saldırır ve sürdürülebilir besin yönetimi, nem, toprak özellikleri ve üretkenliğe katkıda bulunur. Sürdürülebilir tarımda başarılı bir biyoinokulant olan AMF, çevresel sürdürülebilirliği bozmadan ekolojik sistemin korunmasıyla daha yüksek gıda üretimini sürdürür.

Arbusküler mikorizal mantarlar, bitkilerin karşılaştığı tüm stresleri ve diğer ekosistem bileşenlerini hafifleterek bitki canlılığı, büyüme, üretkenlik ve son olarak verimde önemli bir rol oynar. Arbusküler mikorizal mantarlar, yüksek bitkilerin kökleriyle ilişkili yaygın kök kolonizasyon mantarlarıdır. Kök organ kültürü altında mikorizal türlerin mevcut çoğaltma yöntemleri, belirli ikincil metabolit bileşiklerinin yetiştirilmesi için etkili alternatifler haline gelmiştir. AMF; büyümeye, verime, stres toleransına, patojen korumasına ve tarımsal ekosistem sürdürülebilirliğinin korunmasına olumlu katkıda bulunur. Dünya

florasının çoğunluğu, konakçıya besinsel veya besinsel olmayan faydalar sağlayan mikorizal etkileşimlerle ilişkilidir. Sistematik bir literatür araştırmasına dayanarak, mikorizaların sürdürülebilir ekolojik performansın temel düzenleyicileri olduğu ve küresel floranın korunmasına katkıda bulunduğu sonucuna varılabilir.

Kirlenmiş toprağın rehabilitasyonunda, artan toprak verimliliğinde, stres toleransında veya azaltılmasında, iyileştirilmiş biyolojik üretmek, faydalı toprak mikroflorasının aktivasyonu vb., tarımsal açıdan büyük bir ticari gelir elde edilebilir. Fitohormonların bitki kök sistemini düzenlediği ve stres direncini artırdığı iyi bilinse de kontrollü simbiyotik ilişkide yer alan rolleri ve etki mekanizmaları hala araştırılmalıdır.

Kaynaklar

- Adhikari, H. (2016). Mycorrhizae: hidden gold beneath the soil. *European Journal of Biotechnology and Bioscience*.
- Amekawaa, Y., Chuanb, NC., Lumayagc, LA., Tand, GH., Wongd, CS., Abdulra'ufe, L., & Cheej, JL. (2017). Üreticilerin kamuya açık tarım uygulamaları ve pestisit kullanımına ilişkin algıları: Malezya, Pahang'da durian çiftçiliği için MyGAP örneği. *Asya Tarım ve Kırsal Kalkınma Dergisi*, 7 (1), 1-16.
- Andres, C., & Bhullar, GS. (2016). Sustainable intensification of tropical agro-ecosystems: need and potentials. *Frontiers in Environmental Science*, 4, 5.
- Atış, E., Miran, B., Bektaş, ZK., & Cankurt, M. (2016). Farklı pazarlama ve tarım politikası seçeneklerinin konvansiyonel ve organik kuru üzüm arzı üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(3), 345-352.
- Augé, RM. (2004). Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. *Canadian Journal of Soil Science*, 84(4), 373-381.
- Bender, S. F., & van der Heijden, MG. (2015). Soil biota enhance agricultural sustainability by improving crop yield, nutrient uptake and reducing nitrogen leaching losses. *Journal of Applied Ecology*, 52(1), 228-239.
- Bergstrand, KJ. (2022). Organic fertilizers in greenhouse production systems—a review. *Scientia Horticulturae*, 295, 110855.
- Berruti, A., Lumini, E., Balestrini, R., & Bianciotto, V. (2016). Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes. *Frontiers in microbiology*, 6, 1559.
- Cobb, AB., Wilson, GW., Goad, CL., & Grusak, MA. (2018). Influence of alternative soil amendments on mycorrhizal fungi and cowpea production. *Heliyon*, 4(7).
- Conway, G. (2012). *One billion hungry: can we feed the world?*. Cornell University Press.
- Díaz-Urbano, M., Goicoechea, N., Velasco, P., & Poveda, J. (2023). Development of agricultural bio-inoculants based on mycorrhizal fungi and endophytic filamentous fungi: Co-inoculants for improve plant-physiological responses in sustainable agriculture. *Biological Control*, 182, 105223.
- Drew, EA., Murray, RS., Smith, SE., & Jakobsen, I. (2003). Beyond the rhizosphere: growth and function of arbuscular mycorrhizal

- external hyphae in sands of varying pore sizes. *Plant and Soil*, 251, 105-114.
- Durham, TC., & Mizik, T. (2021). Comparative economics of conventional, organic, and alternative agricultural production systems. *Economies*, 9(2), 64.
- Erzurumlu, GS., & Kara, EE. (2014). Mikoriza konusunda Türkiye’de yapılan çalışmalar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 55-65.
- Fall, AF., Nakabonge, G., Ssekandi, J., Founoune-Mboup, H., Apori, SO., Ndiaye, A., & Ngom, K. (2022). Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on soil fertility: contribution in the improvement of physical, chemical, and biological properties of the soil. *Frontiers in Fungal Biology*, 3, 723892.
- Garnett, T., Appleby, MC., Balmford, A., Bateman, IJ., Benton, TG., Bloomer, P., & Godfray, HCJ. (2013). Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. *Science*, 341(6141), 33-34.
- Giller, K. E., Andersson, J. A., Corbeels, M., Kirkegaard, J., Mortensen, D., Erenstein, O., & Vanlauwe, B. (2015). Beyond conservation agriculture. *Frontiers in plant science*, 6, 870.
- Godfray, HC. J., & Garnett, T. (2014). Food security and sustainable intensification. *Philosophical transactions of the Royal Society B: biological sciences*, 369(1639), 20120273.
- Grassini, P., Eskridge, KM., & Cassman, KG. (2013). Distinguishing between yield advances and yield plateaus in historical crop production trends. *Nature communications*, 4(1), 2918.
- Hakeem, KR, Akhtar, J., & Sabir, M. (Ed.). (2016). *Toprak bilimi: tarımsal ve çevresel beklentiler*. Springer.
- Hallama, M., Pekrun, C., Lambers, H., & Kandeler, E. (2019). Hidden miners—the roles of cover crops and soil microorganisms in phosphorus cycling through agroecosystems. *Plant and soil*, 434, 7-45.
- Hasdemir, M., & Taluğ, C. (2012). Kiraz Yetiştiriciliğinde İyi Tarım Uygulamalarının Benimsenmesini Etkileyen Faktörlerin Analizi. *Derim*, 29(1), 23-36.
- Hess, CE. (1991). Commitment to Sustainable Agriculture. In *Sustainable Agriculture Research and Education in the Field: A Proceedings* (Vol. 13). National Academies Press.
- Hobbs, PR., Sayre, K., & Gupta, R. (2008). The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 543-555.

- Huey, C.J., Gopinath, S.C., Uda, M.N.A., Zulhaimi, H.I., Jaafar, M.N., Kasim, F.H., & Yaakub, A.R.W. (2020). Mycorrhiza: a natural resource assists plant growth under varied soil conditions. *3 Biotech, 10*, 1-9.
- IFOAM, (2009). International Federation of Organic Agricultural Movements. http://infohub.ifoam.bio/sites/default/files/page/files/doa_turkish.pdf Erişim tarihi: 04.02.2019.
- Ikerd, J. E. (1993). The need for a system approach to sustainable agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 46*(1-4), 147-160.
- Janowski, D., & Leski, T. (2022). Factors in the distribution of mycorrhizal and soil fungi. *Diversity, 14*(12), 1122.
- Jayne, B., & Quigley, M. (2014). Influence of arbuscular mycorrhiza on growth and reproductive response of plants under water deficit: a meta-analysis. *Mycorrhiza, 24*, 109-119.
- Karabaş, S., & Gürler, A.Z. (2011). Organik tarım ve konvansiyonel tarım yapan işletmelerin karşılaştırmalı analizi. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 2011*(2), 75-84.
- Lee, E.H., Eo, J.K., Ka, K.H., & Eom, A.H. (2013). Arbüsküler mikorizal mantarların çeşitliliği ve ekosistemlerdeki rolleri. *Mikobiyoloji, 41* (3), 121-125.
- Li, G., Tang, X., Hou, Q., Li, T., Xie, H., Lu, Z., & Wen, X. (2023). Response of soil organic carbon fractions to legume incorporation into cropping system and the factors affecting it: A global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 342*, 108231.
- Liu, L., Li, C., Zhu, S., Xu, Y., Li, H., Zheng, X., & Shi, R. (2020). Combined application of organic and inorganic nitrogen fertilizers affects soil prokaryotic communities compositions. *Agronomy, 10*(1), 132.
- Ma, K., Wang, Y., Jin, X., Zhao, Y., Yan, H., Zhang, H., & Deng, Y. (2022). Application of organic fertilizer changes the rhizosphere microbial communities of a gramineous grass on Qinghai-Tibet plateau. *Microorganisms, 10*(6), 1148.
- Mardhiah, U., Caruso, T., Gurnell, A., & Rillig, M. C. (2016). Arbuscular mycorrhizal fungal hyphae reduce soil erosion by surface water flow in a greenhouse experiment. *Applied Soil Ecology, 99*, 137-140.

- Medina-Sauza, R. M., Álvarez-Jiménez, M., Delhal, A., Reverchon, F., Blouin, M., Guerrero-Analco, J. A., & Barois, I. (2019). Earthworms building up soil microbiota, a review. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 81.
- Meena, RS., Kumar, S., Datta, R., Lal, R., Vijayakumar, V., Brtnicky, M., & Marfo, TD. (2020). Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A review. *Land*, 9(2), 34.
- Menalled, F., Bass, T., Buschena, D., Cash, D., Malone, M., Maxwell, B., & Weaver, D. (2008). An introduction to the principles and practices of sustainable farming. *Montana State University*, 1-4.
- Messerli, P., Murniningtyas, E., Eloundou-Enyegue, P., Foli, EG., Furman, E., Glassman, A., & van Ypersele, JP. (2019). Global sustainable development report 2019: the future is now—science for achieving sustainable development.
- Mrunalini, K., Behera, B., Jayaraman, S., Abhilash, PC., Dubey, PK., Swamy, GN., & Srinivasa Rao, C. (2022). Nature-based solutions in soil restoration for improving agricultural productivity. *Land Degradation & Development*, 33(8), 1269-1289.
- Nouri, E., Breuillin-Sessoms, F., Feller, U., & Reinhardt, D. (2015). Düzeltme: Fosfor ve azot, *Petunia hybrida*'daki arbusküler mikorizal simbiyozu düzenler. *PLoS One*, 10 (4), e0127472.
- Pepe, A., Di Baccio, D., Magnani, E., Giovannetti, M., & Sbrana, C. (2022). Zinc and Iron Biofortification and Accumulation of Health-Promoting Compounds in Mycorrhizal *Cichorium intybus* L. *Journal of soil science and plant nutrition*, 22(4), 4703-4716.
- Pepe, A., Giovannetti, M., & Sbrana, C. (2016). Different levels of hyphal self-incompatibility modulate interconnectedness of mycorrhizal networks in three arbuscular mycorrhizal fungi within the Glomeraceae. *Mycorrhiza*, 26(4), 325-332.
- Philippot, L., Raaijmakers, JM., Lemanceau, P., & Van Der Putten, WH. (2013). Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nature reviews microbiology*, 11(11), 789-799.
- Phillips, M. W. A. (2020). Agrochemical industry development, trends in R&D and the impact of regulation. *Pest management science*, 76(10), 3348-3356.
- Pittelkow, CM., Liang, X., Linquist, BA., Van Groenigen, KJ., Lee, J., Lundy, ME., & Van Kessel, C. (2015). Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature*, 517(7534), 365-368.

- Ponisio, LC., M'Gonigle, LK., Mace, KC., Palomino, J., De Valpine, P., & Kremen, C. (2015). Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1799), 20141396.
- Prashar, P. ve Shah, S. (2016). Gübre ve pestisitlerin tarımda toprak mikroflorası üzerindeki etkisi. *Sürdürülebilir Tarım İncelemeleri: Cilt 19*, 331-361.
- Pretty, J. (2003). Sosyal sermaye ve kaynakların kolektif yönetimi. *Bilim*, 302 (5652), 1912-1914.
- Pretty, J., & Bharucha, ZP. (2014). Tarımsal sistemlerde sürdürülebilir yoğunlaştırma. *Botanik yıllıkları*, 114 (8), 1571-1596.
- Rashid, MI., Mujawar, LH., Shahzad, T., Almeelbi, T., Ismail, IM., & Oves, M. (2016). Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiological research*, 183, 26-41.
- Ray, P., Lakshmanan, V., Labbé, JL., & Craven, KD. (2020). Mikroptan mikrobiyoma: sürdürülebilir tarım için mikroorganizmaların uygulanmasında bir paradigma değişimi. *Frontiers in Microbiology*, 11, 622926.
- Reyes Sanchez, LB., Horn, R., & Costantini, EA. (2022). Sustainable soil management as a key to preserve soil biodiversity and stop its degradation. *International Union of Soil Sciences [IUSS]*.
- Roleda, MY., & Hurd, CL. (2019). Seaweed nutrient physiology: application of concepts to aquaculture and bioremediation. *Phycologia*, 58(5), 552-562.
- Rooney, DC, Killham, K., Bending, GD, Baggs, E., Weih, M., & Hodge, A. (2009). Mikorizalar ve biyokütle mahsulleri: Gelecekteki sürdürülebilir kalkınma için fırsatlar. *Bitki Bilimindeki Trendler*, 14 (10), 542-549.
- Saboor, A., Ali, MA., Hussain, S., El Enshasy, HA., Hussain, S., Ahmed, N., & Datta, R. (2021). Zinc nutrition and arbuscular mycorrhizal symbiosis effects on maize (*Zea mays* L.) growth and productivity. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(11), 6339-6351.
- Sakin, E., Celik, A., Dogan, Z., Yalcin, H., Seyrek, A. (2018). Comparing carbon pools and some soil quality parameters of soils in organic and conventional agriculture land. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(11), 7536-7544.

- Selim, MM. (2020). Entegre besin yönetimi stratejilerine giriş ve bunların verim ve toprak özelliklerine katkısı. *Uluslararası Tarım Dergisi*, 2020 (1), 2821678.
- Siddiqui, ZA., & Pichtel, J. (2008). Mycorrhizae: an overview. *Mycorrhizae: sustainable agriculture and forestry*, 1-35.
- Silva, V., Mol, H. G., Zomer, P., Tienstra, M., Ritsema, C. J., & Geissen, V. (2019). Pesticide residues in European agricultural soils—A hidden reality unfolded. *Science of the Total Environment*, 653, 1532-1545.
- Singh, VK. (2017). Fertilizer management in rice. *Rice production worldwide*, 217-253.
- Smith, SE., & Smith, FA. (2012). Bitki beslenmesi ve büyümesinde arbusküler mikorizal mantarların rollerine ilişkin yeni bakış açıları. *Mycologia*, 104 (1), 1-13.
- Suman, J., Rakshit, A., Ogireddy, SD., Singh, S., Gupta, C., & Chandrakala, J. (2022). Microbiome as a key player in sustainable agriculture and human health. *Frontiers in Soil Science*, 2, 821589.
- Swain, H., Naik, SK., & Mukherjee, AK. (2022). Utilization of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Boom the Efficiency and Product Nature of Horticultural Crops. In *Advances in Agricultural and Industrial Microbiology: Volume-2: Applications of Microbes for Sustainable Agriculture and in-silico Strategies* (pp. 119-130). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Thirkell, T. J., Charters, M. D., Elliott, A. J., Sait, S. M., & Field, K. J. (2017). Are mycorrhizal fungi our sustainable saviours? Considerations for achieving food security. *Journal of Ecology*, 105(4), 921-929.
- Veresoglou, SD., & Rillig, MC. (2012). Suppression of fungal and nematode plant pathogens through arbuscular mycorrhizal fungi. *Biology letters*, 8(2), 214-217.
- Wang, J., Chadwick, DR, Cheng, Y., & Yan, X. (2018). Gübre azotuna yanıt olarak tarımsal toprak denitrifikasyonunun küresel analizi. *Toplam Çevre Bilimi*, 616, 908-917.
- Wang, Q., Liu, M., Wang, Z., Li, J., Liu, K., & Huang, D. (2024). The role of arbuscular mycorrhizal symbiosis in plant abiotic stress. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1323881.
- Ward, B., & Dubos, RJ. (1972). *Only one earth: the care and maintenance of a small planet; an unofficial report commissioned*

- by the Secretary-General of the United Nations Conference on the Human Environment, prepared... in 58 countries. Penguin Books.
- Wei, Y., Su, Q., Sun, Z., Shen, Y., Li, J., Zhu, X., & Wu, F. C. (2016). The role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant uptake, fractions, and speciation of antimony. *Applied Soil Ecology*, 107, 244-250.
- Willer, H., Schlatter, B., & Trávníček, J. (2023). The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2023.
- Ye, L., Zhao, X., Bao, E., Li, J., Zou, Z., & Cao, K. (2020). Bio-organic fertilizer with reduced rates of chemical fertilization improves soil fertility and enhances tomato yield and quality. *Scientific reports*, 10(1), 177.
- Yılmaz, H., Akkoyun, S., Gül, M., Aydın, B., & Bilgili, M. E. (2016). Adana ilinde turunçgil üreticilerinin iyi tarım uygulamalarına karşı eğilimlerinin belirlenmesi. XII. Tarım Ekonomisi Kongresi, Kongre Kitabı, 25-27.
- Zhang, J., Li, J., Ma, L., He, X., Liu, Z., Wang, F., ... & Tang, X. (2022). Glomalinle ilişkili toprak proteininin birikimi toprak karbon sekestrasyonuna fayda sağlar: Tropikal kıyı ormanı restorasyon deneyimleri. *Arazi Bozulması ve Kalkınma*, 33 (10), 1541-1551.
- Zhang, Q., Zhu, D., Ding, J., Zheng, F., Zhou, S., Lu, T., & Qian, H. (2019). The fungicide azoxystrobin perturbs the gut microbiota community and enriches antibiotic resistance genes in *Enchytraeus crypticus*. *Environment international*, 131, 104965.
- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, DB., Huang, Y., & Asseng, S. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of sciences*, 114(35), 9326-9331.

BÖLÜM 5
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN PAMUKTA FOTOSENTEZ
MEKANİZMASINA ETKİSİ

Doç. Dr. Cevher İlhan CEVHERİ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13760604>

¹ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Şanlıurfa, Türkiye.
icevheri@harran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-7070-2652

1. GİRİŞ

Dünya nüfusundaki hızlı artış ve yaşam standartlarının giderek yükselmesi, pamuk gibi stratejik tarımsal ürünlere olan gereksinimi her geçen gün artırmaktadır. Pamuk, özellikle tekstil sanayisinde ana hammadde olarak vazgeçilmez bir rol oynamaktadır. Tekstil endüstrisinin ana maddesi olan pamuğun kullanım alanlarının sürekli genişlemesi, bu ürünü küresel ekonomide ve sanayide stratejik bir konuma taşımaktadır. Ancak, diğer tarımsal ürünlere olan talebin de artması, pazar koşulları ve çevresel faktörlerle birleşerek pamuk ekim alanlarının azalmasına neden olmaktadır. Buna rağmen, pamuk bitkisi sahip olduğu geniş kullanım alanları ve ekonomik getirisiyle hem insanlık hem de üretici ülkeler açısından büyük bir öneme sahiptir.

Pamuk, birçok sanayi için kritik bir hammadde sağlamaktadır. İşlenmesi açısından çırçır sanayisi, lifi ile tekstil sanayisi, tohumu ile yağ ve yem sanayisi, linteri ile de kağıt, vernik, barut ve çeşitli kimyasal sanayiler için vazgeçilmezdir. Bu çok yönlü kullanımı, pamuk ürününü küresel ekonomide vazgeçilmez kılmaktadır. Ayrıca, petrole alternatif enerji kaynaklarının aranmasıyla, pamuğun çekirdeğinden elde edilen yağın biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Bu durum, pamuğun sadece tarım ve sanayi için değil, aynı zamanda enerji sektörü için de önemli bir kaynak olduğunu ortaya koymaktadır (Anonim, 2010).

Ülkemizde de pamuk, tekstil sektörünün ana hammaddesi olarak büyük bir ekonomik önem taşımaktadır. 2023 projeksiyonlarına göre, ihracat değerlerinin 500 milyar dolara ulaşması beklenmektedir ve bu ihracat içinde %35 oranında tekstil ürünlerinin payı olacağı öngörülmektedir.

Tekstil sanayisi, ülke ekonomisinin lokomotif sektörlerinden biri haline gelmiştir ve pamuk bu sanayinin en önemli hammaddesi olmaya devam edecektir. Bununla birlikte, tekstil sektörünün sürdürülebilir bir şekilde gelişebilmesi için, pamuk üretiminin ekolojik dengeleri bozmadan yapılması kritik bir konudur (Cevheri, 2016).

Günümüzde, küresel iklim değişikliği, tarım ve doğal ekosistemler üzerinde büyük tehditler oluşturmakta ve bu durum pamuk gibi iklim koşullarına hassas ürünlerin üretimini de etkilemektedir. İklim bilimciler, atmosferde biriken sera gazlarının neden olduğu küresel ısınmanın iklim sisteminde köklü değişikliklere yol açtığını belirtmektedir. Karbondioksit, metan, azot oksit ve floroklorokarbonlar gibi sera gazlarının artışı, yer yüzeyine yansıyan uzun dalga boylu ışınların tutulmasına ve yüzey sıcaklıklarının belirgin bir şekilde artmasına neden olmaktadır. Bu durum, tarım sektörünün gelecekte karşı karşıya kalacağı iklimsel zorlukları daha da artıracaktır (Ünay ve Başal, 2005).

Birçok iklim modeli, atmosferdeki karbondioksit ve diğer sera gazlarının artışının hava sıcaklıklarını yükselteceğini, bulutlanma ve yağış rejimlerinde değişikliklere neden olacağını öngörmektedir. Küresel ısınmanın etkisiyle okyanus sıcaklıklarının da yükseleceği ve bunun sonucunda atmosferdeki su buharı miktarının artacağı tahmin edilmektedir. Bu değişiklikler, tarım üzerinde doğrudan ve dolaylı etkiler yaratacaktır. Son 30 yılda farklı coğrafyalarda yaşanan kuraklıklar, tropik siklonlar ve seller gibi hidrometeorolojik afetlerin sayısının iki katına çıktığı gözlemlenmiştir. Özellikle kuraklık ve çölleşme gibi olumsuzluklar, dünya genelinde yaklaşık 1.2 milyar insanı

tehdit eder hale gelmiştir. Tarım, insanlık tarihi boyunca düzenli ve dingin iklim koşulları sayesinde gelişmiş olup, bu koşullarda meydana gelebilecek değişiklikler gelecekte tarım sektörünü daha da zorlayacaktır (Obesi, 2003).

Günümüzde tarımı yapılan birçok kültür bitkisi, mevcut iklim koşulları için geliştirilmiş olup, gelecekteki olası iklim değişikliklerine adapte olmamışlardır. Küresel ısınma, bitki ve hayvan türleri üzerinde de çarpıcı etkiler yaratmaktadır. Örneğin, Kuzey Yarımküre'deki bazı bölgelerde yazlık bitkilerin yetiştirme döneminin uzadığı ve ılıman kış mevsimlerinin daha sık yaşandığı gözlemlenmiştir (Obesi, 2003). Pamuk bitkisi de bu iklimsel değişikliklerden etkilenen önemli bir ürün olup, yüksek sıcaklık ve ani hava değişikliklerine karşı direnç geliştirmek zorunda kalmaktadır. Bitkiler, bu tür stres koşullarına karşı özel proteinler üreterek tepki verirler. Pamuk bitkisinin yüksek sıcaklıklara maruz kalma derecesi, sıcaklık artışının hızı, süresi ve bitkinin gelişim evresine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Moraghan ve ark., 1968; Reddy ve ark., 1991).

Sonuç olarak, pamuk üretimi hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik kalkınma açısından kritik bir öneme sahiptir. İklim değişikliği ve küresel ısınma gibi faktörler, gelecekte pamuk üretimi üzerinde büyük baskılar yaratacaktır. Bu nedenle, pamuk üretiminde iklim değişikliğine karşı dirençli çeşitlerin geliştirilmesi ve sürdürülebilir tarım yöntemlerinin uygulanması, gelecekte bu stratejik ürünün üretimini güvence altına almak için kaçınılmaz olacaktır.

2. İklim Değişikliği ve Etkileri

İklim değişikliği, dünya genelinde uzun vadeli iklimsel süreçlerin, insan faaliyetleri sonucunda doğal dengelerinin bozulmasıyla meydana gelen bir dizi karmaşık ve çok yönlü çevresel değişikliği ifade eder. İklim değişikliği, atmosferde biriken sera gazlarının yoğunluğunun artmasıyla doğrudan ilişkilidir ve bu durum dünya genelinde ortalama sıcaklıkların yükselmesine, deniz seviyelerinin artmasına ve aşırı hava olaylarının sıklığının artmasına yol açmaktadır. Bu sera gazları, güneşten gelen ısının bir kısmını yeryüzünde hapsederek “sera etkisi” adı verilen olayı tetikler ve bu da iklim sisteminde köklü değişikliklere neden olur (Kurnaz, 2023).

Sera gazları arasında karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazot monoksit (N₂O) ve floroklorokarbonlar (CFCs) başlıca etkenlerdir. Bu gazlar fosil yakıtların yanması, sanayi faaliyetleri, enerji üretimi, ulaşım ve ormansızlaşma gibi insan kaynaklı aktivitelerle atmosfere yayılmaktadır. Atmosfere yayılan bu gazlar, yeryüzünden yansıyan ısının bir kısmının tekrar uzaya kaçmasını engeller ve bu ısı atmosferde birikerek yeryüzünün genel sıcaklığını artırır. Bu durum, küresel ısınmanın en temel nedenidir ve iklim sisteminin dengesinin bozulması sonucunda bir dizi çevresel ve sosyoekonomik etkiler ortaya çıkmaktadır.

İklim değişikliğinin sonuçları çok geniş kapsamlıdır ve küresel ölçekte insan yaşamını, ekosistemleri ve ekonomileri etkileyebilecek bir dizi kritik sonuç doğurur. Bu sonuçların başlıcalarını şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Sıcaklıkların Artması: Fosil yakıtlardan kaynaklanan sera gazı salınımları atmosferde birikerek dünya genelinde ortalama sıcaklıkların artmasına yol açar. Özellikle son yıllarda sıcak hava dalgaları daha sık ve daha şiddetli hale gelmiş, bu da kuraklık ve çölleşme süreçlerini hızlandırmıştır. Tarımsal üretim ve su kaynakları bu sıcaklık artışlarından doğrudan etkilenir.

2. Deniz Seviyesinin Yükselmesi: Küresel ısınmanın etkisiyle kutuplardaki buzulların ve büyük buz tabakalarının erimesi sonucu deniz seviyelerinde belirgin bir yükselme görülmektedir. Bu durum, kıyı bölgelerinde yaşayan milyonlarca insanın evlerini terk etmesine neden olabilecek boyutlara ulaşmıştır. Ayrıca, yükselen deniz seviyeleri, kıyı ekosistemlerini ve tarım arazilerini tehdit etmektedir.

3. Aşırı Hava Olaylarının Sıklığı ve Şiddeti: İklim değişikliği, kasırga, tropikal fırtına, aşırı yağış, sel ve kuraklık gibi aşırı hava olaylarının sıklığını ve şiddetini artırmıştır. Bu tür doğal afetler, hem insan yaşamını hem de ekonomileri ciddi şekilde tehdit etmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde bu tür olaylar, tarımsal üretim ve altyapı üzerinde yıkıcı etkilere neden olabilir.

4. Biyolojik Çeşitlilik Kaybı: İklim değişikliği, birçok ekosistemin dengesini bozarak bitki ve hayvan türlerinin yaşam alanlarının daralmasına, göç etmesine veya yok olmasına neden olmaktadır. Ekosistemlerdeki bu dengesizlikler, biyolojik çeşitliliğin azalmasıyla sonuçlanmakta ve türlerin yok olma riskini artırmaktadır. Biyolojik çeşitlilik kaybı, ekosistem hizmetlerinin bozulmasına ve ekolojik sistemlerin dayanıklılığının azalmasına neden olabilir.

5. Tarımsal Üretime Etkileri: İklim değişikliği, tarımsal üretim üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Sıcaklık artışı, yağış rejimlerindeki değişiklikler, zararlı böcek popülasyonlarındaki artış ve su kaynaklarının azalması, tarım sektörünü doğrudan tehdit etmektedir. Küresel ısınma, özellikle gelişmekte olan ülkelerde gıda güvenliği açısından ciddi riskler oluşturmakta, bu da dünya genelinde açlık ve yetersiz beslenme sorunlarının artmasına yol açmaktadır.

6. Sağlık Üzerindeki Etkileri: İklim değişikliği, insan sağlığını çeşitli yollarla olumsuz etkilemektedir. Sıcak hava dalgalarının artışı, hava kirliliği, su kaynaklarının kirlenmesi ve su kıtlığı gibi faktörler, iklimle ilişkili hastalıkların yayılmasına neden olabilir. Özellikle sıcaklık kaynaklı hastalıklar, vektör yoluyla bulaşan hastalıklar (sıtma, dang humması gibi) ve gıda kaynaklı hastalıklar, insan sağlığı üzerinde ciddi etkiler yaratabilir (Kurnaz, 2023).

İklim değişikliği bitkiler, hayvanlar ve insanlar üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak çeşitli etkiler yaratmaktadır. Bitkiler özellikle bu değişimlerden çok hızlı bir şekilde etkilenmekte ve fizyolojik mekanizmalarında belirgin değişimler gözlemlenmektedir. Tarımsal üretim açısından, sıcaklık artışı ve yağışın yetersiz veya dengesiz olması bitki gelişim süreçlerini olumsuz etkilemektedir. Bitkiler, su stresine veya aşırı sıcaklıklara maruz kaldıklarında fizyolojik faaliyetlerini yavaşlatır, gelişim süreçleri durur ve bu durum verimlilik kaybına yol açabilir. Uzun süreli su stresi ise bitkilerde ölümle sonuçlanabilecek seviyelere ulaşabilir.

Su Stresi ve Bitki Adaptasyonu: Su stresi, bitkilerde toprakta bulunan yararlı suyun azalması ve atmosferik koşulların transpirasyon ve evaporasyonu artırarak bitkinin su kaybetmesine neden olduğu durumu ifade eder. Su stresine karşı bitkiler, morfolojik ve fizyolojik değişimler geliştirirler. Su stresi altında gelişim gösteren bitkiler, buldukları ekosisteme uyum sağlayarak farklı gruplar altında sınıflandırılır. Örneğin; Hidrofitler suyun bol olduğu ortamda yaşayan bitkilerdir, Mezofitler orta düzeyde suya ihtiyaç duyan bitkilerdir, Kserofitler ise suyun az olduğu çöl veya kurak iklimlerde yaşayan bitkilerdir. Halofitler ise tuzlu topraklarda yetişen bitkiler olarak bilinir (Kacar ve ark., 2010).

Abiyotik Stres ve Tarımsal Üretim: Abiyotik stres, küresel ölçekte gıda güvenliğini tehdit eden en önemli faktörlerden biridir. İklim değişikliği nedeniyle tarımsal üretim azalmakta, verimlilik düşmekte ve ürün kayıpları artmaktadır. 1888-2012 yılları arasında kara ve okyanus yüzey sıcaklıklarının 0.8°C arttığı bildirilmiş olup, bu sıcaklık artışlarının 2100 yılına kadar $1.4-5.8^{\circ}\text{C}$ arasında olacağı tahmin edilmektedir (Morales ve ark., 2020). Bu sıcaklık artışları bitkilerin fotosentez süreçlerini olumsuz etkileyebilir, büyümeyi durdurabilir ve verimliliği azaltabilir. Ayrıca, biyotik stres faktörleri (bakteri, virüs, mantar gibi patojenler) de bitkisel üretimi tehdit eden diğer unsurlardır.

Türkiye’de İklim Değişikliği ve Tarım: Türkiye, karmaşık iklim yapısı ve coğrafi özellikleri nedeniyle iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkelerden biri olarak kabul edilmektedir. Özellikle küresel ısınmanın etkisiyle Türkiye’deki tarımsal üretim süreçleri ve su kaynakları ciddi tehdit altındadır. Kuraklık, aşırı hava olayları ve su

kaynaklarının azalması, tarım sektöründe verimliliğin düşmesine neden olabilir (Öztürk, 2002).

3. Küresel İklim Değişikliklerinin Pamuk Üzerine Etkisi

Atmosferdeki karbondioksit (CO₂) konsantrasyonunun iki katına çıkarak yaklaşık 700 ppm seviyelerine ulaşması beklenmektedir ve bu durum pamuk gibi C3 bitkilerinde fotosentez hızını artırmaktadır. Artan CO₂ miktarı, pamuk bitkisinde genellikle yaprak ve kanopi seviyesinde CO₂ asimilasyon oranını artırırken fotorespirasyonu azaltmaktadır (Reddy, 2000). Işık kullanım etkinliğinin de CO₂ konsantrasyonu ile birlikte arttığı ve bu artışın 800 ppm'e kadar devam ettiği saptanmıştır. Örneğin, 360 ppm CO₂ konsantrasyonunda 4.3 CO₂ mJ⁻¹ ışık kullanım etkinliği sağlanırken, 720 ppm CO₂ seviyesinde bu değer 6.3 CO₂ mJ⁻¹ seviyesine ulaşmaktadır. Yapılan araştırmalar, 360 ppm ve 720 ppm CO₂ seviyelerinde fotosentez miktarını karşılaştırmış ve her iki CO₂ konsantrasyonunda da fotosentezin çıkıştan sonraki 80. güne kadar arttığını, daha sonra büyüme dönemi sonunda azaldığını göstermiştir. 360 ppm CO₂ konsantrasyonunda fotosentezdeki azalış, 720 ppm seviyesindeki azalıştan daha fazla olmuştur ve bu durumun, yüksek CO₂ seviyelerinde bitkinin büyüme döneminin sonuna doğru yeniden yapraklanma olayına bağlı olduğu ifade edilmiştir (Reddy, 1998).

Yüksek CO₂ konsantrasyonunda yetiştirilen bitkilerde, yaprak azot (N) içeriğinde meydana gelen değişiklikler, tane kalitesinde de bazı değişikliklere yol açabilir. Örneğin, artan CO₂ koşullarında yetiştirilen buğdaydan elde edilen unlarda azot ve protein içeriğinde azalmalar tespit edilmiştir (Conroy, 1994). Ayrıca Burke ve Mahony (2001), sıcaklık stresinin pamuk bitkisinin erken gelişim dönemindeki çenet

yapraklarının klorofil içeriği üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, 25°C'nin altında ve 30°C'nin üzerinde sıcaklıklarda klorofil birikiminin önemli ölçüde azaldığını bulmuşlardır. Özellikle 44°C sıcaklıkta klorofil birikiminin engellendiği ve bu sıcaklığın üzerindeki değerlerde yaşlı dokuların daha fazla zarar gördüğü belirtilmiştir.

Sıcaklık ve fotoperiyodizm (gün uzunluğu) gelişmekte olan bitkilerin çiçeklenme süreçlerini etkileyen iki önemli çevresel faktördür. Dünya genelinde kültürü yapılan pamuk türleri fotoperiyot duyarlılığı göstermemekle birlikte, sıcaklığın pamuk gelişimi üzerindeki etkisi oldukça yüksektir. Halevy ve Bazelet (1989) tarafından yapılan çalışmada, taraklanma, çiçeklenme ve olgunlaşma sürelerinin sıcaklık arttıkça kısaldığı gözlemlenmiştir. Çimlenme ile çıkış arasındaki süre 17°C'de 12 gün, 28°C'de ise sadece 4 gün olarak rapor edilmiştir. Benzer şekilde, ortalama 17°C'de 64 günde taraklanan bitkilerin, 36°C'de yalnızca 19 günde taraklandıkları saptanmıştır. Ayrıca, 17°C ile 36°C karşılaştırıldığında, taraklanma ile çiçeklenme arasındaki sürenin 48 gün, çiçeklenme ile koza açma süresinin ise 107 gün azaldığı bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise, her 1°C sıcaklık artışının taraklanma, çiçeklenme ve meyve bağlama gün sayılarını sırasıyla 1.6, 3.1 ve 6.9 gün kısalttığı ve 5°C'lik bir sıcaklık artışının olgunlaşma gün sayısını 35 gün kadar kısaltabileceği sonucuna varılmıştır.

Hake (1996), su stresinin olmadığı koşullarda sıcaklık stresinin, özellikle gündüz ve gece boyunca yüksek sıcaklıkların devam etmesinin, pamuğa zararlı olduğunu belirtmiştir. Bu durumun, bitkinin gece boyunca serinleyememesi ve bu nedenle bitki sıcaklığının hava sıcaklığına eşit

hale gelmesiyle ortaya çıktığı vurgulanmıştır. Özellikle Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleşen sıcaklık stresinin aşırı vejetatif gelişmeye, koza iriliğinde ve kozadaki tohum sayısında azalmaya, hatta koza dökülmelerine yol açabileceği ifade edilmiştir (Ünay ve Başal, 2005).

4. Pamuk Lif Oluşumunda Etkili Faktör Fotosentez

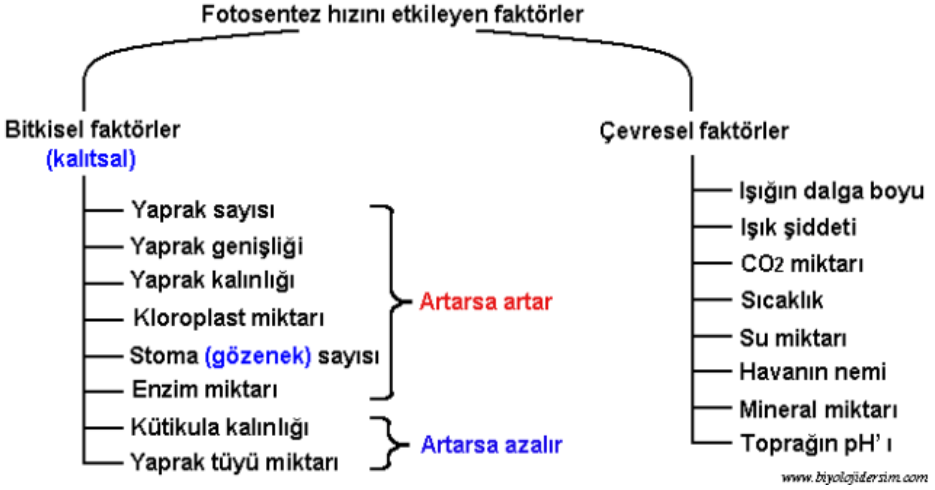
Fotosentez, bitkiler, algler ve bazı bakteriler tarafından gerçekleştirilen ve ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesini sağlayan temel bir biyokimyasal süreçtir. Bu süreç, canlıların hayati faaliyetlerine enerji sağlamak için kullanılan karbondioksitlerin sentezlenmesine olanak tanır. Fotosentez sırasında, bitkiler karbondioksit (CO_2) ve suyu (H_2O) kullanarak organik bileşikler ve oksijen üretir. Oksijen, yan ürün olarak atmosfere salınır ve insanlar ile hayvanlar için hayati bir gazdır. Fotosentez işlemi, CO_2 ve H_2O 'nun kloroplastlarda ışık enerjisi yardımıyla tepkimeye girmesi ve sonucunda şeker (glikoz) gibi karbondioksitlerin sentezlenmesi ile karakterizedir. Bu süreçte bitkiler, atmosferdeki karbondioksiti alarak organik maddelere dönüştürürken oksijen de yan ürün olarak açığa çıkar. Fotosentez, dünya atmosferindeki oksijenin büyük kısmını üreten ve dengeleyen, aynı zamanda organik bileşiklerin ve yaşam için gerekli enerjinin büyük kısmını sağlayan bir süreçtir. Bu nedenle fotosentez, dünya üzerindeki yaşamın devamı için vazgeçilmez bir mekanizmadır.



Şekil 1. Fotosentez Döngüsü

Fotosentez ayrıca besin zincirinin temel halkasını oluşturur. Bitkiler, bu süreçle organik madde üretirken aynı zamanda diğer tüm canlılara enerji kaynağı sağlar. Işık enerjisini kimyasal enerjiye çevirerek fotosentez, atmosferdeki CO₂ ve O₂ dengesini korur ve yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin yalnızca bir kısmını kullanarak dünya üzerinde yaşamın devamını mümkün kılar. Fotosenteze ilişkin yapılan araştırmalar, her yeşil bitkinin adeta bir organik madde fabrikası gibi çalıştığını ve bu sürecin kloroplastlar aracılığıyla gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Fotosentez, dünya üzerindeki gıda üretiminin temelinde yer aldığı için, dünya nüfusunun gıda ihtiyaçlarının karşılanmasında büyük bir öneme sahiptir. Bitkilerin, güneş ışığının yalnızca yarısını kullanarak

gerçekleştirdiği fotosentez, bilim insanları için gıda güvenliği ve tarımsal üretim açısından kritik bir çalışma alanı olmuştur (Anonim, 2024).



Şekil 2. Fotosentez Hızını Etkileyen Faktörler

5. Lif Kalitesini Etkileyen Faktörler:

Lif kalitesi, tekstil ürünlerinin kalitesi ve kullanılabilirliği açısından son derece önemli bir unsurdur. Lif kalitesi, liflerin kullanım amacına uygun olarak sahip olması gereken özellikleri ifade eder. Bu nedenle, lif kalitesini belirleyen ve etkileyen faktörleri bilmek, kaliteli ürünler elde etmek için kritik bir rol oynar. Lif kalitesi üzerinde en çok etkili olan unsurlar arasında lif uzunluğu, genişliği, mukavemeti ve esnekliği gibi fiziksel özellikler yer alır. Özellikle lif uzunluğu ve genişliği, büyük ölçüde genetik faktörlere bağlıdır. Bitkilerin genetik yapısı, lif kalitesinin temel belirleyicisidir, bu nedenle bitki ıslahı çalışmaları ile yüksek kaliteli lif elde etmek mümkündür. Genetik faktörlerin yanı sıra, çevresel koşullar ve tarımsal uygulamalar da lif kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. İklim koşulları, sulama, gübreleme ve hasat

zamanlaması gibi faktörler liflerin fiziksel özelliklerini etkileyebilir. Uygun çevresel koşullarda yetiştirilen bitkilerden elde edilen lifler, daha uzun, daha güçlü ve daha dayanıklı olma eğilimindedir. Ayrıca, hasat ve işleme süreçleri sırasında liflerin doğru şekilde işlenmesi de kaliteyi korumak açısından önemlidir.

Sonuç olarak, lif kalitesi hem genetik faktörler hem de çevresel ve tarımsal koşulların bir araya gelmesiyle belirlenir. Lifin uzunluğu, mukavemeti ve genişliği gibi özellikler tekstil ürünlerinin dayanıklılığını, kullanılabilirliğini ve estetik özelliklerini etkilediği için, yüksek kaliteli lifler üretmek tekstil sanayisinin başarılı bir şekilde gelişmesi için vazgeçilmezdir.

KAYNAKLAR

- Anonim, (2024). <https://tr.wikipedia.org/wiki/Fotosentez>.
- Anonim, (2010). *Tekstil Teknik Dergisi*. Mart Sayısı. Sayfa:34- 37.
- Burke, J. J., & O'Mahony, P. J. (2001). Protective role in acquired thermotolerance of developmentally regulated heat shock proteins in cotton seeds.
- Cevheri, C. İ. (2016). *Harran ovası organik üretim koşullarında organik ve mikrobiyal gübre uygulamalarının bazı pamuk çeşitlerinde (Gossypium hirsutum L.) tarımsal ve lif kalite özellikleri üzerine etkisi* (Doctoral dissertation).
- Conroy, J. P., Seneweera, S., Basra, A. S., Rogers, G., & Nissen-Wooller, B. (1994). Influence of rising atmospheric CO₂ concentrations and temperature on growth, yield and grain quality of cereal crops. *Functional Plant Biology*, 21(6), 741-758.
- Hake, K. D., Kerby, T. A., Hake, S. J., Bentley, W., Goodell, P. B., & Vargas, R. N. (1996). Cotton crop problems. *Cotton Production Manual, University of California, Division of Agr. and Natural Resources, Publication, 3352*, 82-110.
- Halevy, J. and M. Bazelet. 1989. Fertilizing for high yield and quality. IPI Bulletin 2. International Potash Ins. Bern, Switzerland.
- Kacar, B., Katkat, A. V., & Öztürk, Ş. (2013). *Bitki fizyolojisi*. Nobel.
- Kurnaz, M. L. (2023). İklim değişikliği ve uyum süreçlerinde Türkiye. *Resilience*, 7(1), 199-208.
- Moraghan, B. J., Hesketh, J., & Low, A. (1968). Effects of temperature and photoperiod on floral initiation among strains of cotton.
- Morales, F., Ancín, M., Fakhret, D., González-Torralba, J., Gámez, A. L., Seminario, A., ... & Aranjuelo, I. (2020). Photosynthetic metabolism under stressful growth conditions as a bases for crop breeding and yield improvement. *Plants*, 9(1), 88.
- Obesi, G. (2003). Gelecekteki iklimimiz. Mart 2003.
- Öztürk, K. (2002). Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1).
- Reddy, K. R., Hodges, H. F., & Kimball, B. A. (2000). Crop ecosystem responses to climatic change: cotton. *Climate change and global crop productivity*, 161-187.
- Reddy, K. R., Robana, R. R., Hodges, H. F., Liu, X. J., & McKinion, J. M. (1998). Influence of atmospheric CO₂ and temperature on

- cotton growth and leaf characteristics. *Environ Exp Bot*, 39, 117-129.
- Reddy, V. R., Baker, D. N., & Hodges, H. F. (1991). Temperature effects on cotton canopy growth, photosynthesis, and respiration. *Agronomy Journal*, 83(4), 699-704.
- Ünay, A., & Başal, H. (2005). İklim değışiklikleri ve pamuk. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 11-16.
- Walawwe, S. A. (2014). *Regulation of Photosynthesis in plants under abiotic stress*. The University of Manchester (United Kingdom).

BÖLÜM 6

TARIMSAL ÜRETİMDE ORGANİK PAMUK TARIMI

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ^{1*}
Dr. Öğrencisi Suat CUN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13760608>

^{1*} Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye.
vbeyyavas@harran.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6516-9403>

² Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye.
suatcun@harran.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6607-8263>

*Sorumlu Yazar: vbeyyavas@harran.edu.tr

1. Giriş

Tarım, insanların temel gıda ihtiyaçlarını karşılamak ve ekonomik refahlarını artırmak amacıyla bitkilerin sistematik bir şekilde yetiştirilmesini ifade eder. Bu süreç, gıda üretimi, ekonomik destek ve çevresel sürdürülebilirlik gibi kritik insan odaklı hedefleri içerir. Tarım, sadece beslenme değil, aynı zamanda ekonomik kalkınma ve çevresel denge açısından da önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla tarım arazisi, dünyanın engin ve çeşitli kaynaklarının en temelidir ve dünya nüfusu buradan beslenir ve barınır. Tarımın kesin başlangıcı bilinmemekle birlikte, insan nüfusu geliştikçe, balıkçılık ve avcılık, tarlada eksik olanı tamamlamanın bir yolu olarak daha önemli hale geldi ve hiç bitmeyen bir yiyecek arayışı ortaya çıktı. İnsanların uzun ve güvenli bir yaşam sürmeleri için gıda üretiminin gerekli olduğu açıktır. Dolayısıyla tarımın öneminin bu argümandan kaynaklandığı açıktır. Tarım, dünya çapında hanehalkı ekonomisinin önemli bir bölümünü sağlar. İnsanlar ailelerini beslemek, geçimlerini sağlamak ve ne kadar küçük olursa olsun bir iş kurmak için tarıma güvenirlere (Dorosh ve Thurlow, 2018; Abhilash ve ark., 2022).

Son yıllarda, bir yetiştirme süreci olarak organik tarım giderek daha fazla popülerlik kazanıyor (Dangour ve ark., 2010). Organik olarak yetiştirilen gıdalar hem tüketiciler hem de çiftçiler için en iyi seçeneklerden biri haline geldi. Organik olarak yetiştirilen gıdalar yeşil yaşam tarzının bir parçasıdır. Ancak soru şu ki, organik tarımla ne kastediliyor? (Chopra ve ark., 2013). 'Organik' terimi ilk kez Northbourne tarafından 1940 yılında 'Look to the Land' adlı kitabında kullanıldı. Northbourne, 'çiftliğin kendisi biyolojik bütünlüğe sahip olmalı, canlı bir varlık olmalı,

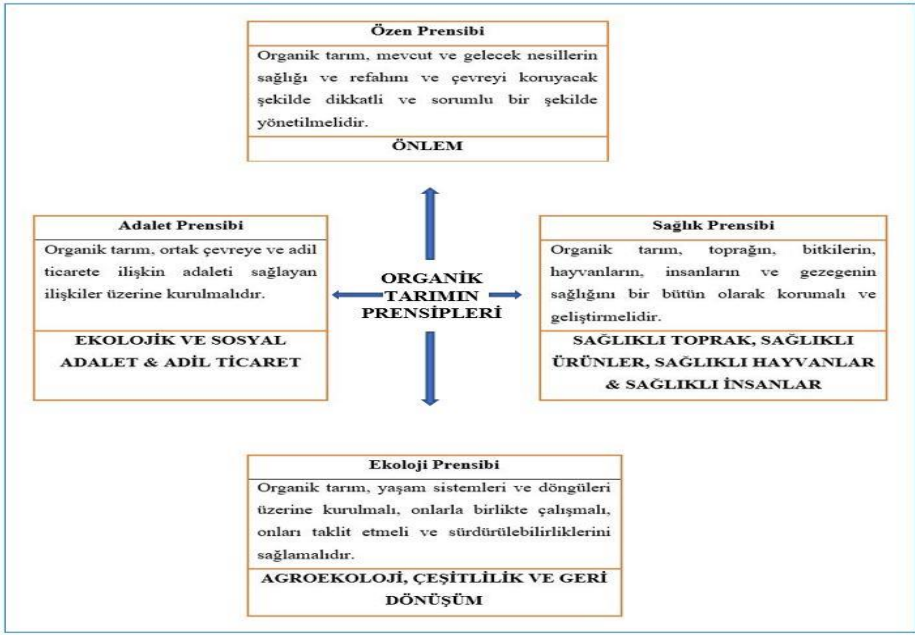
kendi içinde dengeli bir organik yaşam barındıran bir birim olmalıdır' (Northbourne, 2005) demiştir. Northbourne ayrıca organik çiftçiliği 'biyolojik çeşitliliği, biyolojik döngüleri ve toprak biyolojik aktivitesini teşvik eden ve geliştiren ekolojik bir üretim yönetim sistemi' olarak tanımlamıştır. Winter ve Davis'e (2006) göre, 'bu, çiftlik dışı girdilerin asgari düzeyde kullanılmasına ve ekolojik uyumu yeniden sağlayan, koruyan ve geliştiren yönetim uygulamalarına dayanmaktadır'.

Organik tarım, sentetik gübre ve pestisitlerin kullanımını yasaklarken, yerel ve yenilenebilir kaynaklar (yani ürün rotasyonu, malçlama, örtü bitkileri, elle ot ayıklama, yeşil gübre ve kompostlama) ve biyolojik zararlı kontrol ajanları (yani yırtıcılar, parazitoitler, patojenler ve rakipler) gibi teknikleri teşvik eden, biyolojik çeşitliliği, biyolojik döngüleri ve toprak biyolojik aktivitesini koruyan ve geliştiren kalıcı nitelikte dengeli bir ekosistem olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, Organik tarım; toprakların, ekosistemlerin ve insanların sağlığını koruyan ve geliştiren bütünsel bir üretim yönetim sistemidir (Wójcik-Leń, 2019). Organik tarımın temel amacı yalnızca yüksek kaliteli ürün ve gıda üretmek değil, aynı zamanda doğal ortamda mümkün olan en yüksek düzeyde biyolojik çeşitliliği korumaktır (Wójcik-Leń, 2019; Malek-Saeidi ve Keshavarz, 2019). Bu amaçla yeni bir üretim tarzı, konvansiyonel tarıma alternatif olarak ortaya çıkmış ve Ekolojik, Organik veya Biyolojik Tarım isimleriyle anılmıştır (Kurtar ve Ayan, 2004).

2. Organik Tarımın Süreci

Uluslararası Organik Tarım Hareketleri Federasyonu (IFOAM), organik tarımın temel dört ilkesini, yani sağlık, ekoloji, adalet ve özen ilkesini

önermiştir (Şekil 1). Organik gıda üretiminin temel ilkeleri ve uygulamaları, tarım sistemindeki biyolojik döngüleri teşvik etmek ve geliştirmek, köklü toprak verimliliğini korumak ve geliştirmek, her türlü kirliliği azaltmak, pestisit ve sentetik gübrelerin uygulanmasından kaçınmak, gıdalardaki genetik çeşitliliği korumak, gıda üretiminin geniş sosyo-ekolojik etkisini dikkate almak ve yeterli miktarda yüksek kaliteli gıda üretmektir (IFOAM, 1998).



Şekil 1. Organik tarımın prensipleri (IFOAM, 1998'den uyarlanmıştır).

USDA Organik Gıda Üretim Yasası (OFPA, 1990) tarafından uygulanan Ulusal Organik Program'a göre, tarım hem ürün yetiştiriciliği hem de hayvancılık için belirli ön koşullara ihtiyaç duyar. Organik olarak kabul edilebilmesi için, ürünler hasattan önce 3 yıl boyunca hiçbir sentetik pestisit, kimyasal gübre ve herbisit içermeyen, bitişik çiftliklerden gelen kontaminasyonu azaltacak yeterli tampon bölgeye sahip arazilerde

yetiştirilmelidir. Genetiği değiştirilmiş ürünler, kanalizasyon çamuru ve iyonlaştırıcı radyasyon kesinlikle yasaktır. Toprağın verimliliği ve besin içeriği, öncelikle ürün rotasyonu ve hayvansal ve bitkisel atık gübrelere desteklenen örtü bitkileri kullanılarak çiftçilik uygulamalarıyla yönetilir. Zararlılar, hastalıklar ve yabancı otlar, esas olarak herbisit ve sentetik pestisit kullanılmadan fiziksel ve biyolojik kontrol sistemlerinin uyarlanmasıyla kontrol edilir (OFPA, 1990).

3. Organik Tarımda Pamuk Bitkisinin Yeri ve Önemi

3.1. Dünyada Organik Pamuk Üretimi

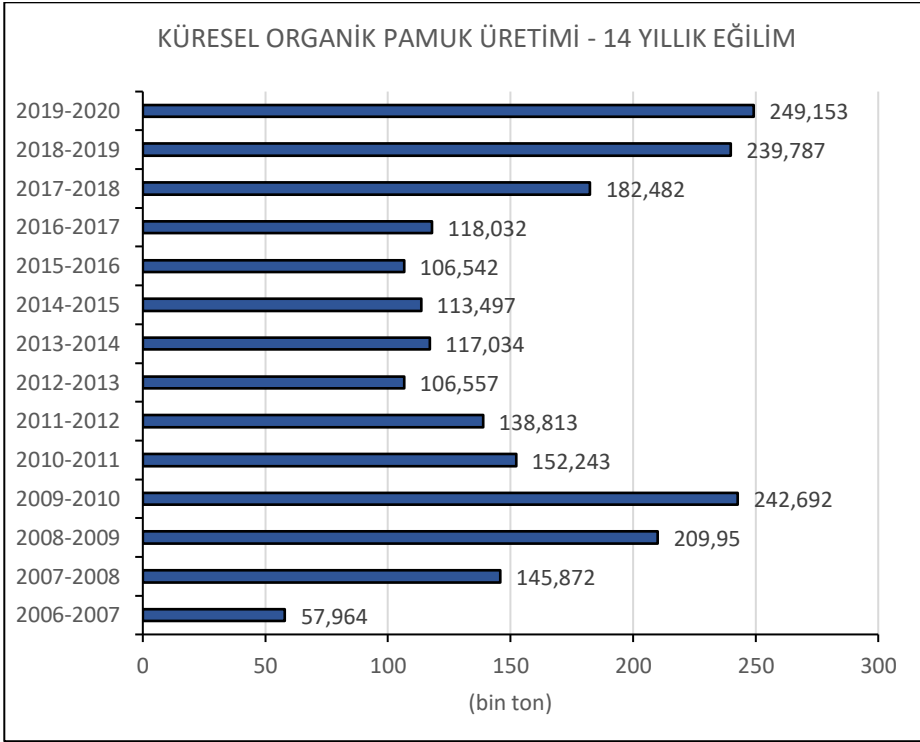
Pamuk, dünyanın birçok yerinde yaygın olmakla birlikte zorunlu kullanım alanlarıyla insanlık açısından büyük ekonomik önem taşıyan, üretici ülkeler açısından da katma değer ve istihdam olan bir üründür (Majumdar ve ark., 2019; Rehman ve ark., 2019).

Uluslararası Pamuk Danışmanları Komitesi (International Cotton Advisory Committee-ICAC)'nin 2023/2024 sezonu verilerine göre; dünya üzerinde 32 milyon 952 bin ha alanda pamuk ekimi yapılmış olup elde edilen üretim ise 25.414 milyon ton olarak belirlenmiştir (ICAC, 2023). Dünya pamuk üretimi içerisinde organik pamuk üretiminin payı oldukça düşüktür.



Şekil 2. Pamuk bitkisine ait görseller

Dünya organik pamuk üretiminin yaklaşık yüzde 95'i yalnızca yedi ülkeden gelmektedir. Bu oran, son beş yılda bu yedi ülkenin dünya organik pamuk üretiminin yüzde 97'sini oluşturduğu dönemdeki orandan düşmüştür. Küçük ölçekli organik pamuk üreten ülkeler üretimlerini artırmıştır. Üretim sıralamasına göre ilk yedi ülke şunlardır: Hindistan (%50), Çin (%12), Kırgızistan (%12), Türkiye (%10), Tanzanya (%5), Tacikistan (%4) ve ABD (%3).

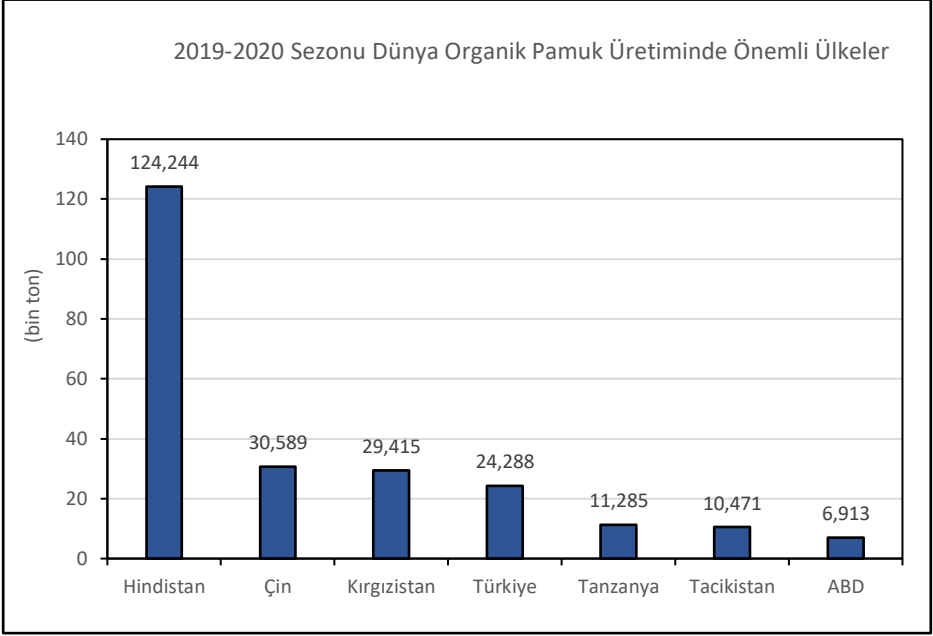


Şekil 3. Küresel organik pamuk üretimi, Kaynak: Organic Cotton Market Report (2021).

3.2. Türkiye’de Organik Pamuk Üretimi

Türkiye pamuk üretiminde dünya ülkeleri arasında önemli bir yere sahiptir. 73 ülkenin doğrudan ilgi alanında yer alan pamuk üretimi, 56 ülkede ise hem üretilmekte hem de tüketilmektedir. Geriye kalan 17 ülke ise sadece tüketici durumunda yer almaktadır. Bu ülkeler arasında ülkemiz Hindistan, Çin, ABD, Brezilya ve Avustralya’dan sonra 6. sırada yer almaktadır (ICAC, 2023). Pamuk üretiminin en fazla yapıldığı ve ülkemizde üretilen pamuğun yarısına yakın bir üretim sağlayan Şanlıurfa ilinde gelmektedir (TUİK, 2021). Kentte 1 milyon 287 bin 469 dekarlık bir alan üzerinde pamuk ekimi yapılmaktadır (ZMO, 2021). Pamuk üretiminde öncü ülkeler konumunda olan ülkemiz organik pamuk üretiminde de önemli bir yere sahiptir.

Ülkemiz organik pamuk üretimi bakımından Hindistan, Çin ve Kırgızistan’dan sonra 4. sırada yer almaktadır. Ülkemiz açısından organik pamuk üretimi, son yıllarda artış göstermektedir. Çiftçilerin organik tarım uygulamalarına olan ilgisi ve talebin artması, bu üretim biçiminin yaygınlaşmasına katkıda bulunmaktadır. Dünya üretiminde %9.52’lik paya sahip olan Türkiye’nin üretimi yıllık %2.34 artış yakalıyor. Türkiye’nin özellikle Ege ve Akdeniz bölgelerinde organik pamuk üretimi yaygındır. Bu bölgelerde, uygun iklim ve toprak koşulları organik pamuk yetiştiriciliği için oldukça elverişlidir.

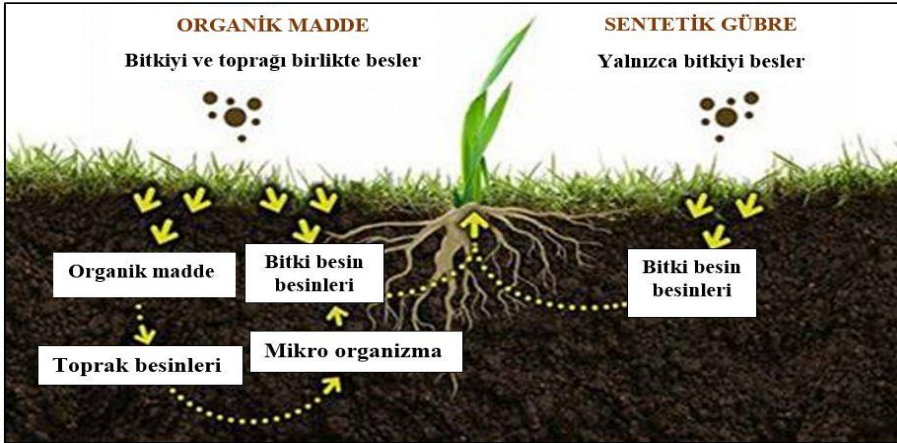


Şekil 4. Dünya organik pamuk üretiminde önemli ülkeler, Kaynak: Organic Cotton Market Report (2021).

Raporda Türkiye bölümünde önemli detaylar yer alıyor. 2018/19 dönemindeki organik pamuk üretiminde Türkiye, 22.839 tona ulaşırken, 2019/2020 dönemindeki organik pamuk üretimi ise 24.288 bin tona ulaşarak organik pamuk üretiminde rekor seviyeye ulaştı. Ülkede organik pamuk üretiminin ilk başladığı 1991 yılından bu yana en yüksek seviyedir. Bu büyümenin büyük kısmı, TR sertifikalı üretimden ziyade AB/ NOP sertifikalı üretimdir. 384 üreticinin, toplam 10.668 hektarda sertifikalı üretim yaptığı saptanmıştır. Organik pamuk üretiminin gelecekte daha da yaygınlaşması beklenmektedir. Artan çevresel kaygılar ve tüketici bilinci, organik tarım uygulamalarının desteklenmesine ve teşvik edilmesine yol açmaktadır.

4. Organik Tarımın Toprak Sağlığı Üzerine Etkisi

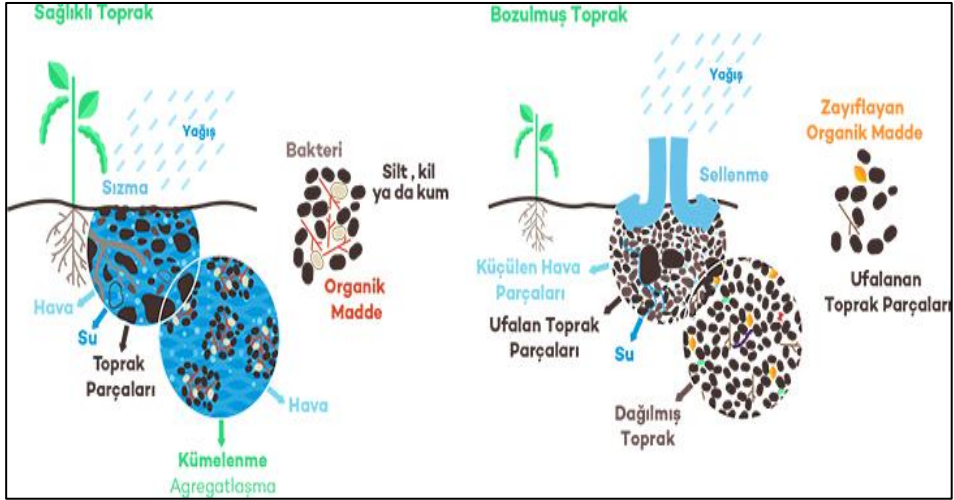
Toprak kalitesini değerlendirmek için kullanılan geleneksel ölçütler, öncelikli olarak ürün üretimini destekleyen fiziksel ve kimyasal faktörlere odaklanmıştır, ancak toprak ekolojisinin ve toprak yaşamının çeşitliliği ve bolluğunun önemi konusunda artan farkındalık, tarımsal düşünceyi, toprak sağlığını iyileştirmeyi ve sürdürmeyi temel bir tarımsal hedef olarak benimsemek üzere yeniden şekillendirmektedir. Geleneksel fiziksel ve kimyasal faktörlerle (örneğin, hacim yoğunluğu ve pH) birlikte, toprak organik madde içeriği ve toprak biyoçeşitliliği, toprak sağlığının temel yönleri olarak kabul edilmektedir (Lehmann ve ark., 2020). Toprak özellikleri ve yaşamı üzerindeki bölgesel kontrollerin değişmesi nedeniyle nicel toprak sağlığı endeksleri oluşturmak zorlu olmaya devam ederken, toprak sağlığını destekleyen çiftçilik uygulamalarını teşvik etmek, giderek sürdürülebilir çiftçilik sistemleri geliştirmenin merkezinde görülmektedir (Montgomery, 2017).



Şekil 5. Organik madde ve sentetik gübre arasındaki farkı gösteren bir görsel,

Kaynak: Omaha Organics, (2015).

Toprak sağlığını korumanın en temel yolu organik kaynaklı ürünlerin kullanılması ve kimyasal gübre kullanımından kaçınmak olarak görülmektedir (Kılıbacak ve ark., 2021). Yadav (2017), toprak aktivitesini teşvik ederek veya toprağı organik gübrelere koruyarak ve onlara pestisitlerle zarar vermektan kaçınarak toprak sağlığını korumak ve iyileştirmek gerektiğini belirtmiştir. Fransız Gıda Güvenliği Ajansı (AFSSA) raporuna dayanan Lairon (2010) ise incelemesine göre, organik ürünler daha fazla kuru madde, mineral ve polifenoller ve salisilik asit gibi antioksidanlar içerir. Organik gıdalar (%94-100) geleneksel olarak yetiştirilen gıdalara kıyasla hiçbir pestisit kalıntısı içermez.



Şekil 6. Sağlıklı ve bozulmuş topraklar arasındaki farkı gösteren bir görünüm

Çünkü organik madde miktarı ile toprak değişimi arasında doğru ve sürekli bir ilişki vardır. Araştırmalara göre toprakta organik madde miktarının %1.4'ten %0.9'a düşmesi durumunda %50 verim kaybına neden olmaktadır. Organik madde ilavesi olmaksızın yalnız kimyasal

gübre kullanımı, toprakta bulunan değerli organik çöldürtücülerin hızla mineralizasyonunu neden olur. Böylece toprakların bir karbon yutağı gibi davranması, emisyon kaynağı gibi davranışları ve atmosfer/yerküre karbon © oluşumunun oluşmasına neden olur (Detwiler, 1986).

5. Organik Tarımın Çevre Üzerine Etkisi

Organik tarım, çevre korumada koruyucu bir role sahiptir. Organik ve geleneksel tarımın çevre üzerindeki etkisi kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Organik tarımın, çoğu suya, toprağa ve yerel karasal ve suda yaşayan yaban hayatına potansiyel olarak zararlı olan sentetik pestisitlere izin vermediği için çevreye daha az zararlı olduğuna inanılmaktadır (Oquist ve ark., 2007). Ayrıca, organik çiftlikler, ürün rotasyonu uygulamaları nedeniyle biyolojik çeşitliliği sürdürmede geleneksel çiftliklerden daha iyidir. Organik tarım, daha fazla organik madde, biyokütle, daha yüksek enzim, daha iyi toprak stabilitesi, gelişmiş su sızması, tutma kapasiteleri, daha az su ve rüzgar erozyonu içeren toprağın fiziko-biyolojik özelliklerini, geleneksel tarım toprağına kıyasla iyileştirir (Fließbach ve MaÈder, 2000; Oberholzer ve ark., 2007). Organik tarım daha az enerji kullanır ve birim alan veya birim verim başına daha az atık üretir (Stolze ve ark., 2000; Hansen ve ark., 2001). Ayrıca, organik olarak yönetilen topraklar daha yüksek kalitede ve su tutma kapasitesine sahiptir ve bu da kuraklık yıllarında bile organik çiftliklerde daha yüksek verimle sonuçlanır ((Pimentel ve ark., 2014).

Organik tarımın, işgal edilen arazi birimi başına düşen çevresel etkisinin geleneksel tarıma göre daha düşük olduğu konusunda geniş bir fikir birliği vardır (Tuomisto ve ark., 2012; Meier ve ark., 2015). Bir tarım bölgesi organik tarıma geçerse, çevresel etkileri azalacak (örneğin,

biyolojik çeşitlilik artacaktır) ve toprak, su, hava ve gıdanın pestisit kirliliği büyük ölçüde sona erecektir (Eyhorn ve ark., 2019).

Bu nedenle, yalnızca ürün birimi başına etkilere odaklanmak, tarım bölgesinde kirletici emisyonlarını artırabilecek geleneksel tarım lehine kararlarla sonuçlanabilir.

Bilimsel literatürde organik tarımın çevre üzerindeki etkisiyle ilgili çok fazla bilgi bulunmaktadır (Sacco ve ark., 2015; Shahzad ve ark., 2017). Bu problemin araştırmacıları, organik üretim koşulları altında toprağa verilen kimyasal üretim araçlarının miktarının azaldığını, biyolojik çeşitliliğin arttığını ve atmosfere sera gazı emisyonlarının azaldığını vurgulamaktadır. Toprak sıkışmasını önleyen büyük tarım makineleri kullanılmamaktadır. Organik tarım ürünleri daha iyi teknolojik, sağlık ve tat özelliklerine sahiptir (Hasegawa, 2005; Lee ve ark., 2015; Deria ve ark., 2003; Rusch ve ark., 2015). Bilimsel literatürde sunulan sonuçların çoğu, bitki gereksinimlerine uygun gübrelemenin uygulandığı, izlenen koşullar altında yürütülen vejetatif deneylerle ilgilidir. Pratikte, önemli maliyetler ve bitki büyümesinin çevresel ve fizyolojik koşulları ile zararlıların biyolojisi hakkında derinlemesine bilgi gereksinimi nedeniyle organik tarım ilkelerine uygun üretimi kapsamlı bir şekilde uygulamak çok zordur. Harici üretim araçlarının kullanımının azaltılması, birim alan başına insan etkisini (çiftçilik) kesinlikle azaltır. Ancak, Deike ve ark. (2008), Mondelaers ve ark. (2009) ve Tuomisto ve ark. (2012), bir üretim birimi açısından, organik tarımın çevre üzerindeki etkisinin geleneksel tarıma kıyasla daha yüksek olabileceğini belirtmektedir. Tarla ve çiftlik düzeyinde besin maddelerinin uygun yönetimi, toprak bozulmasını artırmadan bitkisel üretimi garanti eden

temel ilkedir. Denge, tüm kaynaklardan gelen besin maddelerinin gelirini ve verimle alınan miktarlarıyla ifade edilen besin maddelerinin çıkışını kapsar. Bu nedenle gübreleme, rasyonel bir ekonominin vazgeçilmez bir parçasıdır ve organik üretimde de öyledir (Craheix ve ark., 2016; Ku'znia ve ark., 2015; Kasprzak ve ark., 2018)

6. Sonuç

Biyolojik tarım, pamuk üretiminde çevresel ve sağlık açısından önemli faydalar sağlasa da üretim verimliliği ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından bazı zorluklar içerebilir. Bu nedenle, biyolojik tarımın geniş çapta benimsenmesi ve verimliliğinin artırılması için daha fazla araştırma, geliştirme ve destek gerekmektedir. Uzun vadede, biyolojik tarım yöntemlerinin sürdürülebilirliği ve çevresel etkileri, tarımsal üretim sistemlerinin daha sağlıklı ve dengeli hale gelmesine katkıda bulunabilir. Kimyasal kaynaklı gübreler, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besinleri hızlı bir şekilde sağlar, bu da kısa sürede yüksek verim elde edilmesini sağlar. Ancak, bu verimlilik çoğu zaman kısa vadeli olup, uzun vadede toprak sağlığını olumsuz etkileyebilir. Sürekli kimyasal gübre kullanımı, toprakta organik madde miktarını azaltabilir ve toprağın yapısını bozabilir. Bu durum, toprağın su tutma kapasitesini ve verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Kimyasal gübrelerin aşırı kullanımı, su kaynaklarına nitrat ve fosfor kirliliğine yol açmakla birlikte bu gübreler atmosfere amonyak ve diğer gazları salarak hava kirliliğine yol açabilir. Fakat organik gübreler; toprağın organik madde içeriğini artırarak toprak yapısını iyileştirir ve su tutma kapasitesini artırır. Bu durum toprak sağlığını uzun vadede destekler ve verimliliği artırabilir. Ayrıca kimyasal gübreler kadar çevre kirliliğine neden olmaz. Çünkü

besin maddeleri doğal yollarla salındığından, su ve toprak kirliliği riski daha düşük ve organik gübreler biyoçeşitliliği korumasının yanı sıra ekosistem sağlığını da desteklemektedir.

Kaynaklar

- Abhilash, PC, Bastianoni, S., Chen, W., DeFries, R., Fraceto, LF, Fuckar, NS, & Turner, BL. (2022). 'Antropocen Bilimi'nin tanıtımı: Dünya gezegeninin dayanıklılığı üzerindeki insan etkisini ele alan yeni bir uluslararası dergi. *Anthropocene Science*, 1 (1), 1-4.
- Chopra, A., Rao, NC, Gupta, N. & Vashisth, S. (2013). Güneşli veya yağmurlu olsun; organik gıdalar her zaman revaçta: Fütürist bir bakış açısı. *Uluslararası Beslenme, Farmakoloji, Nörolojik Hastalıklar Dergisi*, 3 (3), 202-205.
- Craheix, D., Angevin, F., Doré, T. & De Tourdonnet, S. (2016). Fransa'da ekim sistemi düzeyinde koruma tarımının sürdürülebilirliğini değerlendirmek için çok kriterli bir değerlendirme modelinin kullanılması. *Avrupa Tarım Dergisi*, 76, 75-86.
- Dangour, AD., Allen, E., Lock, K., & Uauy, R. (2010). Organik gıdaların besin bileşimi ve sağlık yararları- mevcut kanıtları sorgulamak için sistematik incelemelerin kullanılması. *Indian Journal of Medical Research*, 131 (4), 478-480.
- Deike, S., Pallutt, B. ve Christen, O. (2008). Özellikle pestisit kullanım yoğunluğuna odaklanılarak organik ve entegre tarımın enerji verimliliği üzerine araştırmalar. *Avrupa Tarım Dergisi*, 28 (3), 461-470.
- Deria, AM., Bell, RW., O'hara, GW. (2003). Akdeniz iklim kuşağında organik buğday üretimi ve toprak besin durumu. *Sürdürülebilir tarım dergisi*, 21 (4), 21-47.
- Detwiler, RP 1986 "Arazi kullanımındaki değişim ve küresel karbon döngüsü: tropikal toprakların rolü", *Biyojeokimya* 2, (1986): 69.
- Dorosh, P. & Thurlow, J. (2018). Tarımın ötesinde ve tarım dışı: beş Afrika ülkesinde sektörel büyüme-yoksulluk bağlantılarının ayrıştırılması. *Dünya Kalkınması*, 109, 440-451.
- Eyhorn, F., Muller, A., Reganold, JP., Frison, E., Herren, HR., Luttkholt, L., & Smith, P. (2019). Sustainability in global agriculture driven by organic farming. *Nature sustainability*, 2(4), 253-255.
- Fließbach, A., & MaËder, P. (2000). Mikrobiyal biyokütle ve boyut-yoğunluk fraksiyonları organik ve geleneksel tarım sistemlerinin toprakları arasında farklılık gösterir. *Toprak Biyolojisi ve Biyokimyası*, 32 (6), 757-768.

- Hansen, B., Alrøe, H. F., & Kristensen, E. S. (2001). Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 83(1-2), 11-26.
- Hasegawa, H., Furukawa, Y., & Kimura, SD. (2005). On-farm assessment of organic amendments effects on nutrient status and nutrient use efficiency of organic rice fields in Northeastern Japan. *Agriculture, ecosystems & environment*, 108(4), 350-362.
- ICAC, (2023). ICAC.org Global, Supply and Demand, 2021/22 & 2022/23 tahmin, 2023/24 öngörü.
- IFOAM, (1998). Uluslararası Organik Tarım Hareketleri Federasyonu, IFOAM'ın organik üretim ve işleme için temel standartları. *Genel Kurul*, Arjantin, Kasım, IFOAM, Almanya. 1990 Organik Gıda Üretim Yasası (USC) m. 2103.
- Kasprzak, K., Wojtunik-Kulesza, K., Oniszczyk, T., Kuboń, M. & Oniszczyk, A. (2018). Aşırı kilo ve obeziteye karşı fonksiyonel gıda bileşenleri olarak ikincil metabolitler, diyet lifi ve konjuge yağ asitleri. *Doğal Ürün İletişimleri*, 13 (8), 1934578X1801300836.
- Kılıbacak, H., Bellitürk, K., Çelik, A. (2021). Bitkisel ve hayvansal atıklardan vermikompost üretilmesi: yeşil badem kabuğu ve koyun gübresi karışımı örneği. Akademik Perspektiften Tarıma Bakış (Editör: Gülşah Bengisu). İKSAD Yayınevi. Ankara.
- Ku'znia, M., Wojciech, J., Łyko, P., Sikora, J. (2015). Analysis of the combustion products of biogas produced from organic municipal waste. *J. Power Technol*, 95, 158–165.
- Kurtar, ES., & Ayan, AK. (2004). Organik Tarım ve Türkiye'deki Durumu. *J. of Fac. of Agric., OMU*, 19(1), 56-64.
- Lairon, D. (2010). Nutritional quality and safety of organic food. A review. *Agronomy for sustainable development*, 30, 33-41.
- Lee, KS., Choe, YC., & Park, SH. (2015). Measuring the environmental effects of organic farming: A meta-analysis of structural variables in empirical research. *Journal of Environmental Management*, 162, 263-274.
- Lehmann, J., Bossio, DA., Kögel-Knabner, I., & Rillig, MC. (2020). The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(10), 544-553.
- Majumdar, G., Singh, SB. & Shukla, SK. (2019). Seed production, harvesting, and ginning of cotton. In K. Jabran (Ed.), Cotton production (pp. 145-174). Wiley Online Library

- Malek-saeidi, H., & Keshavarz, M. (2019). Çiftçilerin çiftlik içi biyolojik çeşitliliği koruma niyetlerini ne etkiler? İran'ın Fars eyaletinde planlı davranış teorisinin bir uygulaması. *Küresel Ekoloji ve Koruma*, 20, e00698. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00698>.
- Meier, M. S., Stoessel, F., Jungbluth, N., Juraske, R., Schader, C., & Stolze, M. (2015). Environmental impacts of organic and conventional agricultural products—Are the differences captured by life cycle assessment? *Journal of environmental management*, 149, 193-208.
- Mondelaers, K., Aertsens, J., & Van Huylenbroeck, G. (2009). A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *British food journal*, 111(10), 1098-1119.
- Montgomery, DR. (2017). *Growing a revolution: bringing our soil back to life*. WW Norton & Company.
- Northbourne, L. (2005). *Look to the Land*. Sophia Perennis.
- Oberholzer, HR., Gunst, L., & Mader, P. (2007). Soil Organic Matter and Biological Soil Quality Indicators After 21 Years of Organic and Conventional Farming. *Agriculture, Ecosystem and Environ*, 118, 273-284.
- OCMR, (2021). Organic Cotton Market Report. https://textileexchange.org/app/uploads/2022/09/Textile-Exchange_Organic-Cotton-Market-Report_2021.pdf (Erişim Tarihi, 1 Ekim 2022)
- OFPA, (1990). Organic Foods Production Act, Pub. L. No. 101–624, §§ 2101- 2123, 104 Stat. 3935 (codified at 7 U.S.C.6501–6522).
- Omaha, O. (2015). Omaha Organics. <https://omahaorganicslawncare.com/blog/organic-matter-soil/> erişim tarihi: 15 Şubat 2015
- Oquist, KA., Strock, JS., & Mulla, DJ. (2007). Alternatif ve geleneksel tarım uygulamalarının yeraltı drenajı ve su kalitesi üzerindeki etkisi. *Çevre Kalitesi Dergisi*, 36 (4), 1194-1204.
- Pimentel, D., & Burgess, M. (2014). Organik ve geleneksel tarım sistemlerinin çevresel, enerji ve ekonomik karşılaştırması. *Entegre Zararlı Yönetimi: Pestisit Sorunları*, Cilt 3, 141-166.
- Rehman, A., Jingdong, L., Chandio, AA., Hussain, I., Wagan, SA. ve Memon, QUA. (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.
- Rusch, A., Delbac, L., Muneret, L., & Thiéry, D. (2015). Organik tarım ve konukçu yoğunluğu, bağlardaki tortricid güvelerinin parazitlenme oranlarını etkiler. *Tarım, Ekosistemler ve Çevre*, 214, 46-53.
- Sacco, D., Moretti, B., Monaco, S., & Grignani, C. (2015). Geleneksel tarımdan organik tarıma altı yıllık geçiş: mahsul üretimi ve toprak kalitesi üzerindeki etkiler. *Avrupa Tarım Dergisi*, 69, 10-20.
- Shahzad, K., Khan, A., Richards, M., & Smith, JU. (2017). The impact of treatment of organic manures on future soil carbon sequestration under different tillage systems in Pakistan. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*.
- Stolze, M. (2000). *Organic farming in Europe: economics and policy. The environmental impacts of organic farming in Europe*. Univ. Hohenheim.
- Tuomisto, HL., Hodge, ID., Riordan, P., & Macdonald, DW. (2012). Does organic farming reduce environmental impacts?—A meta-analysis of European research. *Journal of environmental management*, 112, 309-320.
- TÜİK, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Ürün İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/>. (Erişim Tarihi: Nisan 2021).
- Winter, CK., & Davis, SF. (2006). Organik gıdalar. *Gıda bilimi dergisi*, 71 (9), R117.
- Wójcik-Leń, J. (2019). Polonya'daki kırsal alanların kalkınma yönleri (sürdürülebilir tarım, organik tarım). *E3S Web of Conferences'da* (Cilt 86, s. 00004). EDP Bilimleri. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20198600004>.
- Yadav, M. (2017). Towards a healthier nation: organic farming and government policies in India. *International Journal for Advance Research and Development*, 2(5), 153-159.
- ZMO, (2021). Ziraat Mühendisleri Odası. Erişim Adresi: <https://www.zmo.org.tr>. (Erişim Tarihi: 22.02.2021).

BÖLÜM 7

ANIZ YANGINLARININ TOPRAK SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Dr. Emrah RAMAZANOĞLU¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13760612>

¹ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü
Şanlıurfa, Türkiye. ramazanoglu@harran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-7921-5703

GİRİŞ

Anız yakma, hasat sonrası tarım alanlarında kalan bitki artıklarının yakılması sürecidir ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde yaygın bir tarımsal yönetim pratiği olarak karşımıza çıkmaktadır. Çiftçiler, genellikle bu yöntemi tarlayı hızlıca bir sonraki ekime hazırlamak, toprak işlemlerini kolaylaştırmak, zararlılar ve hastalıklarla mücadele etmek ve tarla kalıntılarını temizlemek için kullanmaktadırlar. Ancak, anız yakmanın bu kısa vadeli avantajları, uzun vadede toprak sağlığı ve ekosistem üzerinde olumsuz etkiler doğurabilmektedir. Araştırmalar, anız yakmanın toprak organik maddesinin azalmasına ve toprak yapısının bozulmasına yol açarak verimliliği olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir (Shan ve ark., 2010). Ayrıca, bu uygulamanın karbon salınımını artırarak atmosferdeki CO₂ sera gazı miktarını yükselttiği de bilinmektedir (Lal, 2004).

Toprak sağlığı, sürdürülebilir tarımın temel taşı olup, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin dengeli bir şekilde çalışmasını ifade eder. Bu özellikler, yalnızca bitki büyümesi için değil, aynı zamanda ekosistem hizmetlerinin devamlılığı açısından da hayati önem taşır. Ancak, anız yakma uygulaması, toprak organik maddesinin kaybına neden olarak, toprak yapısında ciddi bozulmalara yol açabilir. Organik madde kaybı, toprağın su tutma kapasitesinin azalması, gözenek yapısının bozulması ve agregat stabilitesinin düşmesi gibi olumsuz etkiler doğurur (Blanco-Canqui ve Lal, 2009). Bu durum, özellikle kuraklık dönemlerinde toprak suyunun daha az tutulmasına yol açarak bitki büyümesini olumsuz etkileyebilir ve toprak erozyon riskini artırabilir (Six ve ark., 2000).

Anız yakmanın kimyasal etkileri de oldukça önemli olup, toprağın besin dengesi üzerinde ciddi sonuçlar doğurabilir. Yakma işlemi sırasında toprak yüzeyindeki yüksek sıcaklık, organik madde ile birlikte azot, kükürt ve fosfor gibi uçucu besin elementlerinin volatilizasyonuna yol açar (Bodí et al., 2012). Bu durum, toprağın besin içeriğini azaltarak bitkilerde bitki besin element eksikliğine neden olabilir. Aynı zamanda, bu uygulama toprağın pH seviyesinde ani değişikliklere ve tuz içeriğinin artışına sebep olabilir. Topraktaki pH değişiklikleri ve artan tuzluluk, mikroorganizmaların faaliyetlerini olumsuz etkilerken, bitki köklerinin besin maddelerini alımını da zorlaştırabilir (Certini, 2005).

Biyolojik açıdan, anız yakma uygulamaları toprakta yaşayan mikroorganizmalar ve diğer canlılar üzerinde ciddi yıkıcı etkiler yaratmaktadır. Toprak biyolojisi, hem toprak sağlığının korunması hem de tarımsal verimliliğin devamlılığı açısından büyük önem taşır. Mikrobiyal toplulukların çeşitliliği ve fonksiyonları, ekosistem dengesinin korunmasında kritik bir role sahiptir. Ancak, anız yakma sırasında oluşan yüksek sıcaklıklar, özellikle toprak yüzeyine yakın bölgelerde yaşayan bakteriler, mantarlar ve diğer mikroorganizmalar üzerinde ölümcül etkilere neden olabilir (Neary ve ark., 1999). Bu mikroorganizmaların kaybı, toprakta organik maddelerin dönüşüm süreçlerini yavaşlatarak biyolojik aktivitenin azalmasına yol açar ve bitki besin maddelerinin döngüsü üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır (Pietikäinen ve Fritze, 1995). Sonuç olarak, toprak ekosistemindeki biyolojik denge bozulurken, biyolojik olarak aktif karbon stokları da azalır, bu da uzun vadede toprak verimliliğini büyük oranda düşürmektedir.

Anız yakmanın çevresel etkileri oldukça kapsamlıdır ve birçok boyutta olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Yakma işlemi sırasında atmosfere salınan karbondioksit (CO₂), karbon monoksit (CO) ve metan (CH₄) gibi sera gazları, küresel ısınmayı hızlandırarak iklim değişikliğine katkıda bulunur (Crutzen & Andreae, 1990). Bunun yanında, yangın sırasında havaya yayılan partikül madde ve diğer zararlı kirleticiler, hem insan sağlığı üzerinde ciddi tehditler oluşturur hem de çevresel kirliliğe neden olur. Anız yakma sonrası geride kalan kül tabakası ise, rüzgar ve su erozyonunu artırarak tarım alanlarındaki organik madde ve besin elementlerinin kaybına yol açar, bu da toprak verimliliğini ve su tutma kapasitesini olumsuz etkiler (Rumpel ve ark., 2007).

Anız yakmanın tarım ve çevre üzerindeki etkileri, sadece kısa vadeli faydalar açısından değil, aynı zamanda ekosistem sürdürülebilirliği ve çevresel sağlık açısından da dikkatle değerlendirilmelidir. Bu kitap bölümünde, anız yakmanın toprak sağlığına olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkileri ile birlikte, bu etkilerin tarımsal ekosistemler üzerindeki uzun vadeli sonuçlarını tartışılacak ve daha sürdürülebilir alternatif yönetim yaklaşımlarını değerlendirilecektir.

Anız Yakmanın Toprak Sağlığına Etkileri

Toprak Organik Maddesine Etkisi: Anız yakma, toprak organik maddesi üzerinde ciddi ve uzun vadeli olumsuz etkiler yaratan bir uygulamadır. Toprak organik maddesi, verimliliği ve toprak sağlığını koruyan en kritik unsurlardan biridir. Organik madde, bitki kalıntıları, hayvan atıkları ve mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu oluşur ve toprak yapısını iyileştirir, su tutma kapasitesini artırır, agregat stabilitesini geliştirir ve toprak erozyonunu önler (Lal, 2004). Ancak, anız yakma sırasında

toprağın yüzeyindeki organik maddeler yüksek sıcaklığa maruz kalarak yanar ve bu süreçte karbon, azot ve kükürt gibi önemli besin maddeleri atmosfere salınır. Bu volatilizasyon, toprağın organik madde içeriğini ani ve önemli ölçüde azaltır (Certini, 2005).

Organik maddenin kaybı, toprak yapısında ciddi bozulmalara neden olur. Özellikle agregatların dağılması ve toprağın sıkışması, toprak gözenek yapısının bozulmasına ve su tutma kapasitesinin azalmasına yol açar. Bu durum, toprak erozyon riskini artırırken, su ve besin maddelerinin toprağa girişini zorlaştırır, böylece bitki büyümesi olumsuz etkilenir (Blanco-Canqui & Lal, 2009). Anız yakmanın uzun vadede toprak biyolojisi ve kimyası üzerindeki olumsuz etkileri, toprağın mikrobiyal aktivitelerinin azalması ve toprak besin döngüsünün bozulması ile sonuçlanır. Çalışmalar, anız yakmanın organik madde kaybı nedeniyle toprağın sürdürülebilir verimliliğini tehlikeye attığını ortaya koymaktadır (Neary ve ark., 1999; Rumpel ve ark., 2007).

Toprağın Fiziksel Özelliklerine Etkisi: Anız yakma, toprağın fiziksel özellikleri üzerinde ciddi ve uzun vadeli etkiler yaratır. Toprağın su tutma kapasitesi, gözeneklilik ve agregat stabilitesi gibi unsurlar, sağlıklı bir toprak ekosisteminin temel bileşenleridir ve bitki gelişimini desteklemenin yanı sıra erozyona karşı koruma sağlar. Ancak, anız yakma sırasında meydana gelen yüksek sıcaklıklar, toprak yapısındaki agregatları parçalayarak gözenek yapısının bozulmasına yol açar. Bu bozulma, suyun toprak profili içinde serbestçe hareket etmesini engeller ve yüzey akışını artırarak erozyon riskini yükseltir (Mataix-Solera ve ark., 2011).

Toprağın gözenekliliği azaldıkça, suyun toprakta hareket etmesi zorlaşır ve bu da suyun yüzeyde birikmesine neden olarak erozyona zemin hazırlar. Ayrıca, anız yakma toprağın su tutma kapasitesini azaltır, bu da bitkilerin özellikle kuraklık dönemlerinde suya erişimini zorlaştırır ve tarımsal verimliliği olumsuz yönde etkiler. Bunun yanı sıra, anız yakma sonrasında toprağın yüzeyinde oluşan hidrofobik (su itici) bir tabaka, suyun toprak içerisine sızmasını engelleyerek su infiltrasyonunu kısmende olsa engeller. Bu durum, toprağın su dengesini bozarak suyun etkin kullanımını sınırlar ve bitkilerin su stresine maruz kalmasına neden olur (Doerr ve ark., 2000). Sonuç olarak, anız yakmanın toprağın fiziksel yapısı üzerindeki bu olumsuz etkileri, hem kısa vadede tarımsal üretkenliği hem de uzun vadede toprak sağlığını ve sürdürülebilirliğini tehdit eder. (Şekil 1).



Şekil 1. Anız yangını (Anonim, 2018)

Mikrobiyal Topluluklar ve Biyolojik Aktivite Üzerine Etkisi: Toprak sağlığı açısından hayati öneme sahip olan mikrobiyal topluluklar, anız yakma uygulamalarından ciddi şekilde olumsuz etkilenir. Toprak mikroorganizmaları, organik maddelerin ayrışmasıyla bitkiler için gerekli besin elementlerini serbest bırakarak toprakta biyolojik aktivitenin devamlılığını sağlar. Ancak, anız yakma sırasında ortaya çıkan yüksek sıcaklıklar, özellikle toprak yüzeyine yakın yaşayan mikrobiyal toplulukların ölümüne neden olur. Bu durum, toprağın biyolojik çeşitliliğini ve ekosistem işleyişini zayıflatır (Pietikäinen ve Fritze, 1995).

Özellikle organik maddeyi ayrıştıran mantar ve bakterilerin sayısında ve aktivitelerinde belirgin düşüşler gözlemlenir. Mikrobiyal aktivitenin azalması, toprakta azot ve fosfor gibi temel besin elementlerinin döngüsünü kesintiye uğratarak, bitki büyümesini doğrudan olumsuz etkiler (Bárcenas-Moreno ve ark., 2009). Ayrıca, mikrobiyal toplulukların çeşitliliğinin azalması, toprak ekosisteminin hastalıklara karşı dayanıklılığını ve genel direncini zayıflatır, bu da uzun vadede toprak verimliliğini tehlikeye sokar.

Toprak Kimyası ve Besin Elementleri Üzerindeki Etkiler

Besin Elementlerinin Kaybı: Anız yakma, toprağın besin elementleri üzerinde ciddi kayıplara yol açar ve bu da tarımsal verimliliği olumsuz etkiler. Özellikle azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) gibi temel besin maddeleri, yüksek sıcaklıklar nedeniyle volatilize olabilir. Azot, yanma sırasında en fazla kayba uğrayan elementlerden biridir. Yüksek sıcaklık azotun gaz formuna geçmesine neden olarak atmosfere salınmasına yol açar. Araştırmalar, anız yakmanın topraktaki toplam azot içeriğinde %20

ila %80 arasında kayıplara neden olabileceğini göstermektedir (Raison, 1979). Bu kayıplar, bitkilerin büyümesi için gerekli olan azot miktarını azaltarak verimde önemli düşüslere sebep olabilir. Fosfor ve potasyum gibi diğler besin maddeleri de anız yakmanın etkisi altındadır. Fosfor, toprakta genellikle organik maddelere bağılıdır ve bu organik maddeler yanma sırasında yok olur. Kalan fosfor ise, bitkilerin kullanabileceğı formdan daha az erişilebilir hale gelir (Alcañiz ve ark., 2018). Potasyum ise nispeten daha az volatilize olmasına rağmen, yangın sonrası toprağın yüzeyinde biriken kül tabakasında yoğunlaşır. Ancak, külün rüzgarla ya da yağışla taşınması, bu elementin tarım alanlarından uzaklaşmasına yol açabilir. Potasyum kaybı, özellikle besin maddesi açısından zayıf topraklarda verimliliğı daha da düşürebilir (Raison, 1979). Bu elementlerin kaybı, özellikle verimliliğı düşük tarım alanlarında toprak verimliliğinin daha da azalmasına ve sürdürülebilirlik açısından kötü sonuçların doğmasına neden olur.

pH ve Toprak Tuzluluğı: Anız yakma, toprağın pH dengesinde ani ve belirgin değışikliklere yol açarak toprak sağığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Toprak pH'sı, hem kimyasal reaksiyonların hızını hem de bitki köklerinin besin alımını doğrudan etkiler. Anız yakma sonrası toprağın yüzeyinde biriken kül, genellikle bazik özellikler gösterdiğinden, toprak pH'sında geçici bir artışa neden olabilir. Bu pH artışı, özellikle demir, mangan ve çinko gibi mikro besin elementlerinin bitkiler tarafından alınmasını zorlaştırarak mikro besin eksikliklerine yol açabilir (Neary ve ark., 1999).

Ayrıca, toprak mikroorganizmalarının bir kısmı, özellikle düşük pH koşullarında en iyi şekilde işlev gösterenler, bu pH değışimlerinden

olumsuz etkilenebilir ve topraktaki biyolojik aktivite azalabilir. Anız yakmanın bir diğer önemli kimyasal etkisi ise toprak tuzluluğunda artışa neden olmasıdır. Yangın sırasında organik maddelerin yanması, kalsiyum ve magnezyum gibi bazı iyonların serbest kalmasına neden olur ve bu çözünür tuzlar toprakta birikerek tuzluluğu artırabilir (Agbeshie ve ark., 2010). Yüksek tuzluluk, bitkilerde su ve besin alımını zorlaştırarak büyümeyi engeller ve ürün verimliliğini düşürür. Aynı zamanda, yüksek tuzluluk seviyesi, toprak mikroorganizmalarının çeşitliliğini ve aktivitesini azaltarak topraktaki biyolojik döngülerin yavaşlamasına neden olabilir.

Anız Yakmanın Dolaylı Etkileri

Erozyon ve Toprak Kaybı: Anız yakma işlemi, toprak yüzeyindeki koruyucu bitki örtüsünü ve organik kalıntıları ortadan kaldırarak, rüzgar ve su erozyonu riskini önemli ölçüde artırır. Bitki örtüsü ve anız kalıntıları, toprağı erozyona karşı koruyan temel unsurlardan biridir. Bu örtüler, yağmur damlalarının toprak yüzeyine çarpmasını önler, suyun akış hızını azaltır ve rüzgarın etkisini hafifletir. Ancak, anız yakma sonrasında toprak yüzeyi çıplak kaldığı için agregat stabilitesi bozulur ve toprağın parçacıklarının birbirine bağlılığı zayıflar. Bu, toprağı erozyona karşı daha savunmasız hale getirir. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde rüzgar erozyonu, anız yakma sonrası toprak kaybına neden olan önemli bir süreçtir. Yakılan alanlarda bitki örtüsünün yok olması, rüzgarın toprağı doğrudan temas etmesine ve ince toprak parçacıklarının rüzgarla taşınmasına yol açar (Zobeck, 1991). Bu ince partiküller, toprağın en verimli kısmını oluşturan organik madde ve besinleri içerir. Rüzgar erozyonunun taşınan bu toprak parçacıkları, tarımsal verimliliği

düşürmekle kalmaz, aynı zamanda toprak yapısının bozulmasına da neden olur.

Su erozyonu da anız yakmanın ardından ciddi bir risk haline gelir. Anız yakma sonrası toprak yüzeyinde kalan organik madde ve bitki kalıntılarının yok olması, toprağın su tutma kapasitesini ve suyun toprak içerisine sızma hızını (infiltrasyon) azaltır. Bu durum, yağmur sularının toprağın üst katmanlarını taşımasıyla gerçekleşen su erozyonuna yol açar. Özellikle eğimli arazilerde, bitki örtüsünün olmaması suyun hızla akmasına ve toprak kaybına neden olur. Sonuç olarak, toprak derinliği azalır, organik madde ve besin elementleri taşınarak toprak verimliliği üzerinde olumsuz etkiler yaratır (Pimentel ve ark., 1995).

Toprakta Kalan Kalıntıların Yapısı: Anız yakma sonrası toprak yüzeyinde kalan yanmış bitki kalıntıları, toprak sağlığı üzerinde çok sayıda olumsuz etkiye sahiptir. Yanmış bitki kalıntıları genellikle hidrofobik özellikler kazanarak suya karşı direnç gösteren bir tabaka oluşturur. Bu hidrofobik tabaka, yağmur suyunun toprağa sızmasını engelleyerek suyun yüzeyde birikmesine ve hızla yüzeyden akmasına neden olur. Bu durum, su erozyonunu artırarak toprak kaybını hızlandırır ve tarımsal verimliliği olumsuz etkiler (Stoof ve ark., 2011).

Ayrıca, yanmış kalıntılar toprak ekosistemine zarar verebilecek kimyasal bileşikler içerebilir. Yangın sırasında açığa çıkan fenolik bileşikler ve bazı toksik elementler, toprak mikroorganizmalarının faaliyetlerini baskılayarak toprak biyolojik aktivitesini azaltabilir (Knicker, 2007). Bu durum, toprak ekosisteminin işlevselliğini zayıflatarak bitki besin maddelerinin dönüşümünü yavaşlatır ve mikrobiyal toplulukların çeşitliliğini azaltır. Yanmış kalıntılar ayrıca, toprağın fiziksel yapısını

olumsuz etkileyebilir. Toprakta gözeneklilik ve agregat stabilitesi azalırken, bu durum toprak hava ve su geçirgenliğini düşürür, dolayısıyla bitki köklerinin gelişimini sınırlar. Yanmış kalıntılar, toprağın yapısal bütünlüğünü bozarak su ve besin döngüsünü aksatır. Bu olumsuz etkiler, tarımsal verimlilik ve toprak sağlığı açısından uzun vadeli sonuçlara yol açarak sürdürülebilir tarım uygulamalarını tehlikeye atar.

Ekolojik ve Çevresel Etkiler

Hava Kirliliği ve Karbon Salınımı: Anız yakma, atmosferde hava kirliliği yaratan birçok gazın ve partikül maddenin salınımına neden olur. Bitki kalıntılarının yanması sırasında büyük miktarda karbon dioksit, karbon monoksit, metan, nitrojen oksitler ve uçucu organik bileşikler atmosfere salınır. Bu gazlar, sera etkisi yaratarak küresel ısınmaya katkıda bulunur. Özellikle karbon dioksit ve metan, atmosferde uzun süre kalabilen güçlü sera gazlarıdır ve iklim değişikliğini hızlandıran temel etkenler arasında yer alır (Andreae ve Merlet, 2001). Anız yakmanın neden olduğu bu gaz emisyonları, sadece iklim değişikliğine katkı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda hava kalitesini de ciddi şekilde bozar. Yanma sırasında atmosfere salınan partikül maddeler, solunum yolu hastalıkları ve kalp-damar sorunları gibi sağlık problemlerine yol açabilir. Ayrıca, duman ve diğer kirleticiler uzun mesafeler boyunca taşınarak bölgesel hava kalitesinin bozulmasına ve sınır ötesi çevresel sorunlara neden olabilir (Crutzen ve Andreae, 1990). Bu hava kirliliği, bitkilerin fotosentez kapasitesini azaltarak bitki büyümesini ve tarımsal üretkenliği de olumsuz etkiler. Ek olarak, anız yakma sırasında atmosfere salınan azot oksitler ve uçucu organik bileşikler, güneş ışığı ile reaksiyona girerek troposferik ozon oluşumuna neden olabilir. Troposferik ozon, hem insan

sağlığı hem de bitki örtüsü üzerinde zararlı etkiler yaratır. Ozon, bitkilerin hücre yapısını bozarak fotosentez oranını düşürür ve bitkilerin büyümesini yavaşlatarak tarımsal verimliliği azaltır (Monks ve ark., 2015).

Biyçeşitlilik Üzerindeki Etkiler: Anız yakma, toprak faunası ve florası üzerinde ciddi olumsuz etkiler yaratarak biyolojik çeşitliliği tehdit eder. Toprak faunası, böcekler, solucanlar, nematodlar ve diğer küçük organizmalar dâhil olmak üzere, toprak sağlığı için kritik öneme sahip birçok organizmayı içerir. Anız yakma sırasında toprağın yüzeyinde ve alt katmanlarında yaşayan bu organizmalar, yüksek sıcaklıklara maruz kalarak ölür veya habitatlarını kaybederler. Özellikle saprofitik mantarlar ve bakteriler gibi organik maddeyi ayrıştırarak besin döngüsünü sağlayan mikroorganizmaların popülasyonları, yangın sonrası önemli ölçüde azalır. Bu durum, toprakta biyolojik aktivitenin düşmesine ve besin elementlerinin bitkiler için kullanılabilir formda dönüşümünün yavaşlamasına yol açar (Barreiro ve Diaz- Raviña, 2016).

Anız yakma, ayrıca faydalı böcek popülasyonlarını da olumsuz etkiler. Arılar, tozlayıcı böcekler ve zararlı böcekleri kontrol eden doğal predatörler gibi faydalı türler, yangın sırasında veya sonrasında habitat kaybına ve ölüme maruz kalabilir. Toprağın üst tabakasında yaşayan böcek larvaları ve yumurtaları da yangının doğrudan etkisi altında kalarak büyük ölçüde zarar görür. Bu biyolojik kayıplar, ekosistemin fonksiyonelliğini zayıflatır ve ekolojik dengeyi bozar (Oliver ve ark., 2015). Anız yakma sırasında, toprak yüzeyindeki bitki kalıntıları ve kökler yanarak kaybolur. Bu, toprak yüzeyindeki örtü bitkilerinin ve genç fidelerin zarar görmesine veya tamamen yok olmasına neden

olabilir. Bitki örtüsünün kaybı, toprak erozyonunu artırır ve toprağın besin maddelerinin yıkanmasını hızlandırır, bu da toprak kalitesinin bozulmasına ve ekosistem sürdürülebilirliğinin azalmasına yol açar (Swengel, 2011).

Anız yakmanın ekolojik ve çevresel etkileri, yalnızca toprak sağlığını ve tarımsal verimliliği olumsuz etkilemekle kalmaz, aynı zamanda hava kalitesi, biyoçeşitlilik ve iklim değişikliği üzerinde de geniş kapsamlı olumsuz sonuçlar doğurur. Bu nedenle, anız yakma uygulamalarının sınırlandırılması ve alternatif tarımsal yöntemlerin teşvik edilmesi, sürdürülebilir tarım ve çevre yönetimi açısından büyük önem taşır.

Alternatif Yöntemler ve Sürdürülebilir Uygulamalar

Anız Yakmaya Alternatif Yöntemler: Anız yakmanın olumsuz etkilerini azaltmak için çeşitli alternatif tarım yöntemleri mevcuttur ve bu yöntemler, hem toprağın sağlığını koruyarak hem de sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik ederek çiftçilere fayda sağlar.

Anız Parçalama: Anız yakma yerine, hasat sonrası tarlada kalan bitki kalıntılarının parçalanarak toprağa karıştırılması, organik madde döngüsünü destekler ve toprak verimliliğini artırır. Anız parçalama makineleri, bitki artıklarını küçük parçalara ayırarak toprağa karışmasını kolaylaştırır. Bu süreç, toprağın organik madde miktarını artırarak hem su tutma kapasitesini hem de mikrobiyal aktiviteyi destekler (Wilhelm ve ark., 2004). Organik maddeler, toprak yapısını iyileştirirken bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin toprağa geri dönmesini sağlar.

Ayrıca, parçalanmış bitki kalıntıları toprak yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturarak erozyon riskini azaltır ve toprağın nemini korur. Bu organik

tabaka, yağmur damlalarının doğrudan toprağa çarpmasını önler ve suyun buharlaşmasını yavaşlatarak toprak neminin korunmasına yardımcı olur. Böylece, toprak uzun vadede verimli kalır ve bitkiler için daha uygun bir büyüme ortamı sunar. Bu uygulama, anız yakmanın neden olduğu çevresel zararları önleyerek hem tarımsal sürdürülebilirliği destekler hem de çiftçilere ekonomik faydalar sağlar.

Minimum Toprak İşleme: Minimum toprak işleme, tarım alanlarının geleneksel derin sürme yöntemleri yerine, toprağın yüzeysel ve kontrollü bir şekilde işlenmesini sağlayan bir tarım yöntemidir. Bu yaklaşım, toprağın yapısal bütünlüğünü koruyarak organik madde kaybını en aza indirir ve erozyon riskini azaltır. Minimum toprak işleme, toprağın su tutma kapasitesini artırır ve toprak mikroorganizmalarının faaliyetlerini teşvik eder, bu da toprak sağlığını uzun vadede iyileştirir (Hobbs, 2007).

Ayrıca, bu yöntem tarımda enerji ve yakıt kullanımını önemli ölçüde azaltır. Geleneksel derin sürme yöntemlerine kıyasla daha az traktör geçişi gerektirdiğinden, yakıt tüketimi azalır ve dolayısıyla sera gazı emisyonları da düşer. Bu nedenle, minimum toprak işleme sadece toprak sağlığına fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliğe de katkıda bulunur.

Örtü Bitkisi Ekimi: Örtü bitkisi ekimi, toprağın korunmasını ve organik madde içeriğinin artırılmasını sağlayan sürdürülebilir bir tarım yöntemidir. Örtü bitkileri, toprağı rüzgar ve su erozyonuna karşı koruyarak toprak kaybını önler ve su tutma kapasitesini artırır. Aynı zamanda, bu bitkiler toprağın mikrobiyal çeşitliliğini destekler ve toprak sağlığını uzun vadede iyileştirir (Snapp ve ark., 2005). Örtü bitkileri, toprağın besin döngüsünü iyileştirir; özellikle baklagil gibi azot fikse

eden bitkilerin ekimi, toprağın azot içeriğini doğal yollarla artırarak kimyasal gübre kullanımını azaltabilir.

Ayrıca, örtü bitkileri, yabancı otları bastırarak doğal bir zararlı kontrolü sağlar ve böylece pestisit kullanımını azaltır. Bu biyolojik çeşitlilik temelli yaklaşım, tarım alanlarında daha sağlıklı bir ekosistem oluştururken, üretimde çevresel sürdürülebilirliği destekler. Örtü bitkileri ekimi, hem toprak verimliliğini hem de tarımsal verimliliği artırarak çiftçilere uzun vadeli faydalar sağlar.

Toprak Sağlığını Koruma Stratejileri

Anız yakmanın olumsuz etkilerini azaltmak ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmek için bir dizi strateji geliştirilebilir. Bu stratejiler, hem çiftçilerin farkındalığını artırmaya hem de tarım politikalarında sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmeye odaklanır.

Çiftçilere Yönelik Eğitim ve Farkındalık Artırma Çalışmaları: Anız yakmanın uzun vadeli olumsuz etkileri ve alternatif sürdürülebilir tarım uygulamaları hakkında çiftçilerin bilgi sahibi olması, toprak sağlığının korunmasında kritik öneme sahiptir. Eğitim programları, çiftçilere anız yakmanın olumsuz sonuçlarını ve alternatif yöntemlerin faydalarını açıklamalı, ayrıca bu yöntemlerin uygulanabilirliğini ve maliyet etkinliğini göstermelidir. Yerel tarım danışmanlıkları ve sivil toplum kuruluşları tarafından desteklenen farkındalık kampanyaları, çiftçilerin bilgi düzeyini artırarak sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesini teşvik edebilir.

Anız Yakmanın Yasaklanması ve Uygulama Denetimleri: Anız yakmanın yasaklanması ve bu yasağın etkin bir şekilde denetlenmesi,

toprak sağlığının korunması ve çevresel zararların azaltılması açısından önemlidir. Birçok ülkede, anız yakmanın çevresel etkilerini azaltmak amacıyla yasal düzenlemeler getirilmiştir ve bu düzenlemelerin etkin bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Yasağın yanı sıra, çiftçilere alternatif uygulamalar için teşvikler ve destek programları sunulurken, sürdürülebilir yöntemlere geçiş süreci kolaylaştırılabilir.

Sürdürülebilir Tarım Uygulamalarının Teşvik Edilmesi: Çiftçilerin sürdürülebilir tarım uygulamalarını benimsemelerini teşvik etmek için finansal teşvikler, sübvansiyonlar ve teknik destekler sağlanmalıdır. Hükümetler, çiftçilere düşük faizli krediler, tarım sigortaları ve gelir destek programları sunarak, alternatif yöntemlerin benimsenmesini ekonomik açıdan cazip hale getirebilir. Ayrıca, sürdürülebilir tarım teknikleri ve teknolojileri hakkında bilgi paylaşımını artırmak amacıyla tarım danışmanlığı hizmetlerinin güçlendirilmesi ve geliştirilmesi önemlidir.

Bu stratejiler, anız yakmanın çevresel ve ekolojik zararlarını en aza indirmek ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını yaygınlaştırmak açısından büyük önem taşır. Çiftçilerin bilinçli bir şekilde bu uygulamalara yönlendirilmesi, hem toprak sağlığının korunmasına hem de tarımsal sürdürülebilirliğin artırılmasına önemli katkılar sağlar.

SONUÇ

Anız yakma, kısa vadeli tarımsal faydalar sağlasa da, uzun vadede toprak sağlığı, ekosistem sürdürülebilirliği ve çevresel denge üzerinde ciddi olumsuz etkiler doğurur. Toprak organik maddesinin kaybı, toprak yapısının bozulması, mikrobiyal çeşitliliğin azalması ve besin

elementlerinin volatilizasyonu gibi sonuçlar, toprağın verimliliğini ve üretkenliğini azaltır. Ayrıca, anız yakmanın neden olduğu erozyon, toprak kaybı ve hava kirliliği, yalnızca tarımsal üretimi değil, aynı zamanda çevresel sağlığı da tehdit eder. Bu olumsuz etkileri azaltmak ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmek için, anız yakma yerine alternatif yöntemlerin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Anız parçalama, minimum toprak işleme ve örtü bitkisi ekimi gibi uygulamalar, toprağın organik madde içeriğini artırarak su tutma kapasitesini ve mikrobiyal aktiviteyi destekler. Bu yöntemler, toprak sağlığını iyileştirmenin yanı sıra tarımsal sürdürülebilirliği de güçlendirir. Anız yakmanın olumsuz etkilerini önlemek için eğitim, farkındalık çalışmaları, yasal düzenlemeler ve çiftçilere sağlanan teşviklerle desteklenen kapsamlı stratejilerin uygulanması gerekmektedir. Çiftçilerin bu konuda bilinçlendirilmesi ve alternatif yöntemlerin ekonomik olarak desteklenmesi, uzun vadede toprak verimliliğini artıracak ve çevresel sürdürülebilirliği sağlayacaktır. Sonuç olarak, tarımın sürdürülebilirliğini korumak ve çevresel zararlardan kaçınmak için anız yakmanın yerine daha sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesi büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Agbeshie, A. A., Abugre, S., Atta-Darkwa, T., Awuah, R. (2022). A review of the effects of forest fire on soil properties. *Journal of Forestry Research*, 33(5), 1419-1441.
- Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., & Úbeda, X. (2018). Effects of prescribed fires on soil properties: A review. *Science of the Total Environment*, 613, 944-957.
- Andreae, M. O., Merlet, P. (2001). Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global biogeochemical cycles*, 15(4), 955-966.
- Anonim. (2018). <https://kirsehir.tarimorman.gov.tr/Haber/328/Aniz-Ve-Aniz-Yakmanin-Zararlari>
- Bárcenas-Moreno, G. E. M. A., Gómez-Brandón, M. A. R. I. A., Rousk, J., & Bååth, E. (2009). Adaptation of soil microbial communities to temperature: comparison of fungi and bacteria in a laboratory experiment. *Global Change Biology*, 15(12), 2950-2957.
- Barreiro, A., Díaz-Raviña, M. (2021). Fire impacts on soil microorganisms: Mass, activity, and diversity. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 22, 100264.
- Blanco-Canqui, H., Lal, R. (2009). Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical reviews in plant science*, 28(3), 139-163.
- Bodí, M. B., Doerr, S. H., Cerdà, A., Mataix-Solera, J. (2012). Hydrological effects of a layer of vegetation ash on underlying wettable and water repellent soil. *Geoderma*, 191, 14-23.
- Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143, 1-10.
- Crutzen, P. J., Andreae, M. O. (1990). Biomass burning in the tropics: Impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. *science*, 250(4988), 1669-1678.
- Doerr, S. H., Shakesby, R. A., Walsh, R. (2000). Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth-Science Reviews*, 51(1-4), 33-65.
- Hobbs, P. R. (2007). Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production?. *The Journal of Agricultural Science*, 145(2), 127.
- Knicker, H. (2007). How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review. *Biogeochemistry*, 85(1), 91-118.

- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1-2), 1-22.
- Mataix-Solera, J., Cerdà, A., Arcenegui, V., Jordán, A., Zavala, L. M. (2011). Fire effects on soil aggregation: a review. *Earth-Science Reviews*, 109(1-2), 44-60.
- Monks, P. S., Archibald, A. T., Colette, A., Cooper, O., Coyle, M., Derwent, R., Williams, M. L. (2015). Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer. *Atmospheric chemistry and physics*, 15(15), 8889-8973.
- Neary, D. G., Klopatek, C. C., DeBano, L. F., Ffolliott, P. F. (1999). Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest ecology and management*, 122(1-2), 51-71.
- Oliver, A. K., Callaham Jr, M. A., & Jumpponen, A. (2015). Soil fungal communities respond compositionally to recurring frequent prescribed burning in a managed southeastern US forest ecosystem. *Forest Ecology and Management*, 345, 1-9.
- Pietikäinen, J., Fritze, H. (1995). Clear-cutting and prescribed burning in coniferous forest: comparison of effects on soil fungal and total microbial biomass, respiration activity and nitrification. *Soil Biology and Biochemistry*, 27(1), 101-109.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Blair, R. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267(5201), 1117-1123.
- Raison, R. J. (1979). Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: a review. *Plant and soil*, 51, 73-108.
- Rumpel, C., González-Pérez, J. A., Bardoux, G., Largeau, C., González-Vila, F. J., Valentin, C. (2007). Composition and reactivity of morphologically distinct charred materials left after slash-and-burn practices in agricultural tropical soils. *Organic Geochemistry*, 38(6), 911-920.
- Shan, Y. H., Johnson-Beebout, S. E., Buresh, R. J. (2008). Crop residue management for lowland rice-based cropping systems in Asia. *Advances in agronomy*, 98, 117-199.
- Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A., Paustian, K. (2002). Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. *Plant and soil*, 241, 155-176.

- Snapp, S. S., Swinton, S. M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J. R., Leep, R., O'neil, K. (2005). Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. *Agronomy journal*, 97(1), 322-332.
- Stoof, C. R., Wesseling, J. G., Ritsema, C. J. (2011). Effects of fire and ash on soil water retention. *Geoderma*, 159(3-4), 276-285.
- Wilhelm, W. W., Johnson, J. M., Hatfield, J. L., Voorhees, W. B., Linden, D. R. (2004). Crop and soil productivity response to corn residue removal: a literature review. *Agronomy journal*, 96(1), 1-17.
- Zobeck, T. M. (1991). Soil properties affecting wind erosion. *Journal of Soil and water conservation*, 46(2), 112-118.

BÖLÜM 8
ORGANİK TARIMDA GİDYA VE BİYOKÖMÜR
KULLANIMININ TOPRAK SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Öğrencisi Zemzem FIRAT^{1*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13760616>

¹ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. zemzemfirat63@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4549-9389>

1. Giriş

Tarım, topluma besin maddeleri ile hammadde sağlamak amacıyla, bitkisel ve hayvansal varlıkların, biyolojik olarak üretim yeteneklerini planlı ve yönlendirilmiş bir şekilde kullanmaktır (Gürler, 2008). İnsanlık tarihinin başlangıcından bu yana, hem en önemli geçim kaynağı olması hem de ekonomik disiplinlerin gelişmesinde dikkat edilen ilk sektör olması sebebiyle varlığını her dönem hassasiyetle sürdürmüştür. Tarım sektörü, gıda maddelerinin üretilmesi, üretilen bu maddeleri işleyerek çeşitlendirmesi ve insanların gıdaya olan ihtiyaçlarını karşılamasından dolayı bireylerin sağlığı açısından oldukça önemli bir sektördür (Doğan ve ark., 2015).

Gıda kalitesi ve güvenliği, sıradan insanlarda sürekli dikkat çeken iki hayati faktördür. Artan çevresel farkındalık ve çeşitli gıda tehlikeleri (örneğin dioksinler, sığır süngerimsi ensefalopatisi ve bakteriyel kontaminasyon) son yıllarda tüketicilerin gıda kalitesine olan güvenini önemli ölçüde azaltmıştır. Yoğun konvansiyonel çiftçilik, gıda zincirine kontaminasyon ekleyebilir. Bu nedenlerden dolayı, tüketiciler yerel sistemler tarafından daha ekolojik ve otantik bir şekilde üretilen daha güvenli ve daha iyi gıdalara yönelmektedir. Organik olarak yetiştirilen gıda ve gıda ürünlerinin bu talepleri karşıladığına inanılmaktadır (Rembalkowska, 2007).

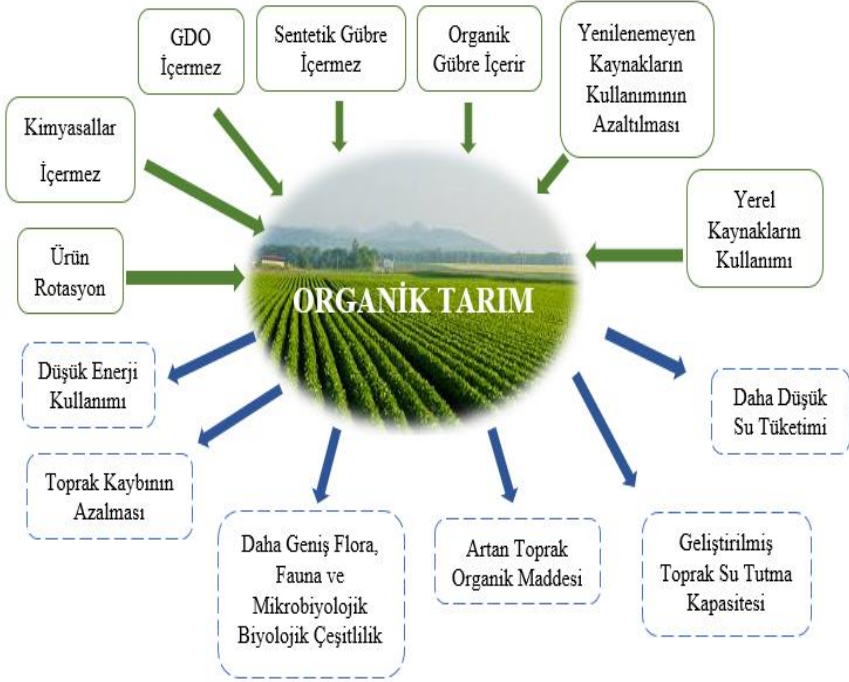
Son yıllarda, bir yetiştirme süreci olarak organik tarım giderek daha fazla popülerlik kazanıyor (Dangour ve ark., 2010). Organik tarım, sürdürülebilir tarımsal üretim elde etmek için sentetik pestisitler ve gübreler gibi tüm inorganik girdileri hariç tutarak yalnızca organik girdilerin kullanıldığı bir tarımsal üretim sistemini ifade eder (Rasul ve

Thapa, 2003; Samie ve ark., 2010; Singh ve George, 2012; Zülfikar ve Thapa, 2016). Organik olarak yetiştirilen gıdalar hem tüketiciler hem de çiftçiler için en iyi seçeneklerden biridir. Organik olarak yetiştirilen gıdalar yeşil yaşam tarzının bir parçasıdır. Ancak akıllara gelen soru şu ki, organik tarımla ne kastediliyor? (Chopra ve ark., 2013). 'Organik' terimi ilk kez Northbourne tarafından 1940 yılında 'Look to the Land' adlı kitabında kullanıldı. Northbourne, 'çiftliğin kendisi biyolojik bütünlüğe sahip olmalı, canlı bir varlık olmalı, kendi içinde dengeli bir organik yaşam barındıran bir birim olmalıdır' (Nourthbourne, 2003) demiştir. Northbourne ayrıca organik çiftçiliği 'biyolojik çeşitliliği, biyolojik döngüleri ve toprak biyolojik aktivitesini teşvik eden ve geliştiren ekolojik bir üretim yönetim sistemi' olarak tanımlamıştır. Winter ve Davis'e (2006) göre, 'bu, çiftlik dışı girdilerin asgari düzeyde kullanılmasına ve ekolojik uyumu yeniden sağlayan, koruyan ve geliştiren yönetim uygulamalarına dayanmaktadır.

2. Organik Tarım ve Temel Prensipleri

Organik tarım, tarımda en hızlı büyüyen sektörlerden biri ve dünya tarım alanının %1'ine katkıda bulunur. Kompost gübre, yeşil gübre ve gıda ve biyokömür gibi organik kökenli gübreler kullanan ürün rotasyonu ve tamamlayıcı ekim gibi tekniklere vurgu yapan bir tarım sistemidir (Seufert ve ark., 2017). Organik tarım çoğu ülkede yeni bir vizyon değil, tarım sistemlerinin sürdürülebilirliğinde ana rol oynar. Sürdürülebilir tarım, toplumu, çevreyi ve ekonomiyi besleyecek yöntemler kullanarak gıda yetiştirmek için kullanılan geniş bir terimdir. Sürdürülebilir çiftçiler, kârlı işletmeler olmanın yanı sıra kâr amacı gütmeyen kuruluşlar veya eğlence projeleri olarak işlev görürken, toplum sağlığını

ve refahını desteklemeyi ve doğayla çalışmayı amaçlar. Sürdürülebilir çiftçilik, geleneksel çiftçiliğin çağdaş sorunlarına çözümler sunduğu için önemlidir. Toprak yenilenemeyen bir kaynak olarak kabul edilir, sürdürülebilir çiftçilik toprak sağlığını korumayı ve sürdürmeyi vaat eder (Ebitu ve ark., 2021).



Şekil 1. Organik Tarımın Temel Prensipleri ve Etkisi (Furtak ve Galazka, 2019)

Sentetik gübreleri azaltmayı veya ortadan kaldırmayı, tarımsal üretimi ve verimi artırmayı, biyolojik çeşitliliği teşvik etmeyi, suyu korumayı ve toprakta karbonu hapsetmeyi amaçlamaktadır (Pretty ve ark., 2018). Organik tarımın sürdürülebilir tarım uygulamalarıyla ilişkili olumlu faktörleri arasında pestisit tüketimini azaltmak için entegre zararlı yönetimi (IPM) planlarının kullanılması, ürün rotasyonu, azot bağlayıcı toprak örtülerinin veya örtü bitkilerinin ekilmesi ve malç kullanımının

toprak sağlığını iyileştirmeye yardımcı olabilmesi, toprak sıkışmasını azaltmak için sıfır işleme veya azaltılmış işleme tarım yöntemlerinin kullanılması, uygulanacak organik ve sentetik gübre miktarlarını belirlemek için rehber olarak toprak örneklerinin kullanılması, sentetik gübreler yerine organik gübre kullanımının teşvik edilmesi, sentetik gübrelerin aşırı kullanımından kaçınılması ve uygulanacak organik ve sentetik gübre miktarlarını belirlemek için rehber olarak toprak örneklerinin kullanılması yoluyla hassas tarımın teşvik edilmesi, sentetik gübreler yerine organik gübre kullanımının teşvik edilmesi ve su israfını, erozyonu ve tuzlanmayı azaltırken ürün veya mera verimini en üst düzeye çıkarmak için yeni sulama sistemlerinin tasarlanması yer almaktadır (Baker ve ark., 2015; Chaichi ve ark., 2018; Salim ve ark., 2020; Merah ve ark., 2021). Bu ayrıca toprak örtüsünün ve malçların kullanımını sağlar ve toprak erozyonunu önlemek için diğer yöntemlerin yanı sıra pestisit kullanımını sınırlarken biyolojik çeşitliliğin korunmasını vurgular.

2.1.Organik Tarımın Çevresel Etkileri

Organik tarım, çevre korumada da etkin bir role sahiptir. Organik tarımın, çoğu suya, toprağa ve yerel karasal ve suda yaşayan yaban hayatına potansiyel olarak zararlı olan sentetik pestisitlere izin vermediği için çevreye daha az zararlı olduğuna inanılmaktadır (Oquist ve ark., 2007). Ayrıca, organik tarım yapıldığı alanlarda, ürün rotasyonu uygulamaları nedeniyle biyolojik çeşitliliği sürdürmede geleneksel tarımın yapıldığı alanlara göre daha iyidir. Organik tarım, daha fazla organik madde, biyokütle, daha yüksek enzim, daha iyi toprak stabilitesi, gelişmiş su sızması, su tutma kapasiteleri, daha az su ve rüzgar erozyonu

içeren toprağın fiziko-biyolojik özelliklerini, geleneksel tarım toprağına kıyasla iyileştirir (Fliessbach ve Mäder, 2000). Ayrıca, organik olarak yönetilen topraklar daha yüksek kalitede ve su tutma kapasitesine sahiptir ve bu da kuraklık yıllarında bile organik çiftliklerde daha yüksek verimle sonuçlanır (Pimentel ve ark., 20014). Dahası organik tarım daha az enerji kullanır ve birim alan veya birim verim başına daha az atık üretir (Stolze ve ark., 2000; Hansen ve ark., 2001).

3. Organik Tarım Bakımından Gıyga'nın Yeri ve Önemi

Ülkemizde toprakların organik madde bakımından fakir olması ve her yıl bitkisel üretimde aşırı ve bilinçsiz gübre uygulamaları toprağın organik maddesini olumsuz etkilemektedir. Toprakların organik madde ihtiyacını karşılayacak organik düzenleyicilere daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum özellikle kuru tarım yapılan yarı-kurak iklim kuşağı toprakları için önemlidir. Toprak düzenleyici materyal olarak değerlendirilen materyallerden birisi de gıdyadır. Türkiye'de Kahramanmaraş başta olmak üzere 20 ilde leonardit rezervi bulunmaktadır. Özellikle Afşin-Elbistan linyit havzasında yapılan çalışmalara göre, linyit tabakalarının üstünde ve linyit tabakaları arasında tüm havzada gıdy materyalinin bulunduğu belirlenmiştir (Ergönül, 1979). Gıdyanın-Afşin Elbistan Termik Santrali A-B ünitelerindeki rezervi 1.8 milyar ton, havzada toplam rezerv ise 4.8 milyar ton'dur (Kadioğlu ve ark., 2015).



Şekil 2. Gıdya Yatağından Genel Bir Görünüm (Saltalı ve Korkmaz, 2015).

Gıdya, eski göl tabanlarında organik ve mineral maddelerin birikimi sonucu oluşmuş, rengi açık griden kahverengimsi-siyaha kadar değişen, içerisinde canlı fosilleri barındıran, yüksek organik madde (35-50%) ve kireç (30-40%) içeren, termik santrallerde düşük kalori içeriğinden dolayı yanmayıp, dekapajı problem olan organo-mineral bir materyaldir (Saltalı ve Nedirli, 2021). Gıdya bazı çalışmalarda doğrudan topraklara karıştırılarak düzenleyici olarak kullanılmaktadır (Tamer ve Karaca, 2006; Torun, 2009; Demirkıran ve Cengiz, 2010; Saltalı ve Kara, 2022). Gıdya materyali yapısında bitki besin elementleri bulunduran, toksik element kapsamı düşük ve humik asit içeriği yüksektir (Turgay ve ark. 2004). Toprak sınıflandırma sisteminde, organik topraklar grubunda ele alınan gıdya, Kural (1978)'e göre çeşitli alt tip ve varyetelere (kömürlü, humuslu, kalkerli, killi vb.) ayrılmaktadır.

3.1. Gıdyanın toprak sağlığı üzerine etkisi

Gıdya, organik bir materyal olarak toprakta kullanılması, toprakların fiziksel özelliklerini (hidrolik iletkenlik, agregat stabilitesi, su tutma kapasitesi vd.) olumlu yönde etkilemektedir (Akyıldız, 1979). Yüksek humik madde miktarına sahip olan gıdya, toprağa ilave edilmesi halinde

toprağın organik karbon miktarını yükselterek, toprağın organik madde kapsamı ve fiziksel özelliklerini daha elverişli düzeye getirip, kök gelişimi ve mikrobiyal faaliyeti hızlandırmaktadır (Yörük, 1981).

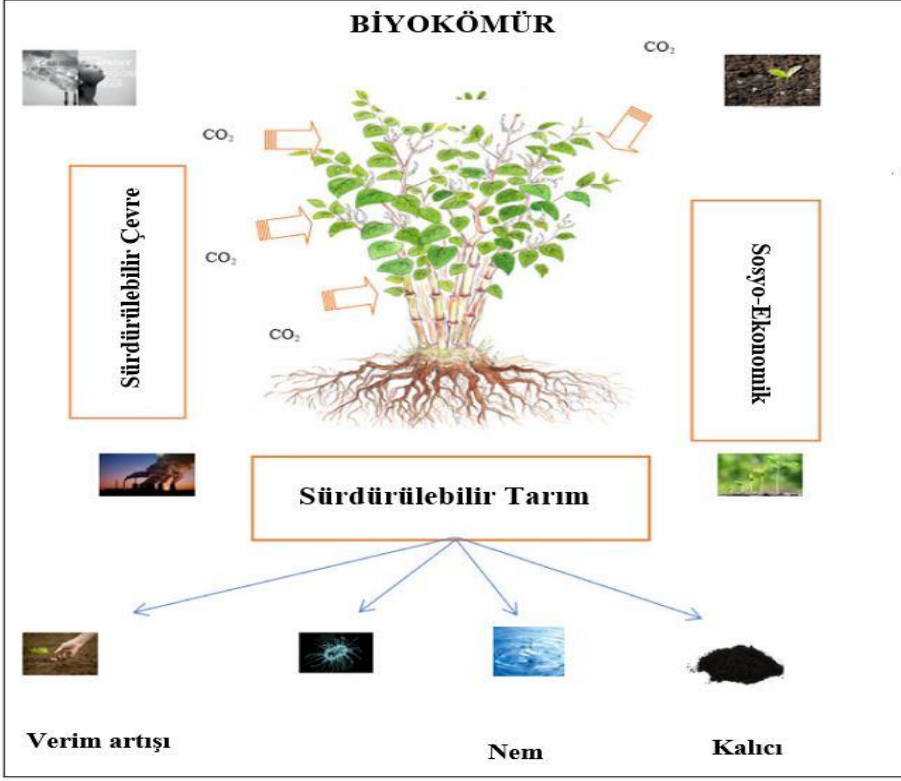
Durmuş ve ark. (2020), gidyanın gübre ile beraber kullanılması sonucunda toprakta bulunan organik madde miktarını ve topraktaki enzim aktivitelerini olumlu yönde artırdığını, Cd, Pb, Ni ve Zn gibi bazı ağır metallerin bitkiler tarafından alınabilirliğini azalttığı belirlenmiştir. Ergin (2016), gıda uygulamalarının, toprağın besin elementi içeriği, pH, kireç ve organik maddesinin artan gıda uygulamaları ile beraber arttığını, Saltalı ve Yıldırım (2016) ise gıda uygulamasının toprak özelliklerini iyileştirmenin yanı sıra bitkinin verim açısından da olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

4. Organik Tarım Bakımından Biyokömürün Yeri ve Önemi

Biyokömür, sürdürülebilir tarıma ve çevreye ulaşmada önemli bir role sahip olan bilimsel deneylerin sonuçlarından biridir (Lu ve ark., 2020). Hammaddelerin oksijensiz veya çok sınırlı oksijen kaynağı altında yakılmasıyla elde edilen bir kömür türü olan biyokömür, potansiyel bir toprak düzenleyici olarak kabul edilir (Lehmann ve Joseph, 2009; Celik ve ark., 2020). Ayrıca iklim değişikliği ve küresel ısınmayla mücadele etmek için karbonu hapsedmek için etkili bir önlemdir. Toprağa uygulandığında oldukça dayanıklı ve toprakta binlerce yıl kalabilir (Lu ve ark., 2020). Biyokömür, hammaddelerin katma değerli kimyasallara ve enerjiye dönüştürülmesine dayanan biyobazlı endüstriler çerçevesinde kamu yararına bir konu haline gelmiştir.

Biyokömür ayrıca çevreyi iyileştirmek, kirlenmiş topraklardaki kirlenici hareketliliğini azaltmak ve tarımsal ürünlere zararlı elementlerin geçişini azaltmak için de incelenmektedir (Jalal ve ark., 2020). Çoğunlukla biyokömür, tarımsal atıklar, hayvan gübreleri ve orman artıkları gibi atık artıklarından üretilir. Bu hammaddelerin önemi, atığı potansiyel olarak yararlı ve değerli bir ürüne dönüştürecek şekilde biyokömür üretmektir (Brewer ve ark., 2014).

Toprak iyileştirme üzerindeki etkisi, ürün veriminde artışla birlikte toprak kalitesinin ve bitki büyümesinin artmasını içerir. Biyokömürün tepkisi ve davranışı, üretim süreci, uygulandığı toprak koşulları, türleri ve yetiştirilecek ürün türünden önemli ölçüde etkilenebilir (Awad ve ark., 2018; Arif ve ark., 2021). Biyokömürün önemi doğrultusunda, birçok araştırmacı biyokömürün toprak ve çevre sağlığının iyileştirilmesi için uyarlanabilirliğini incelemiştir.



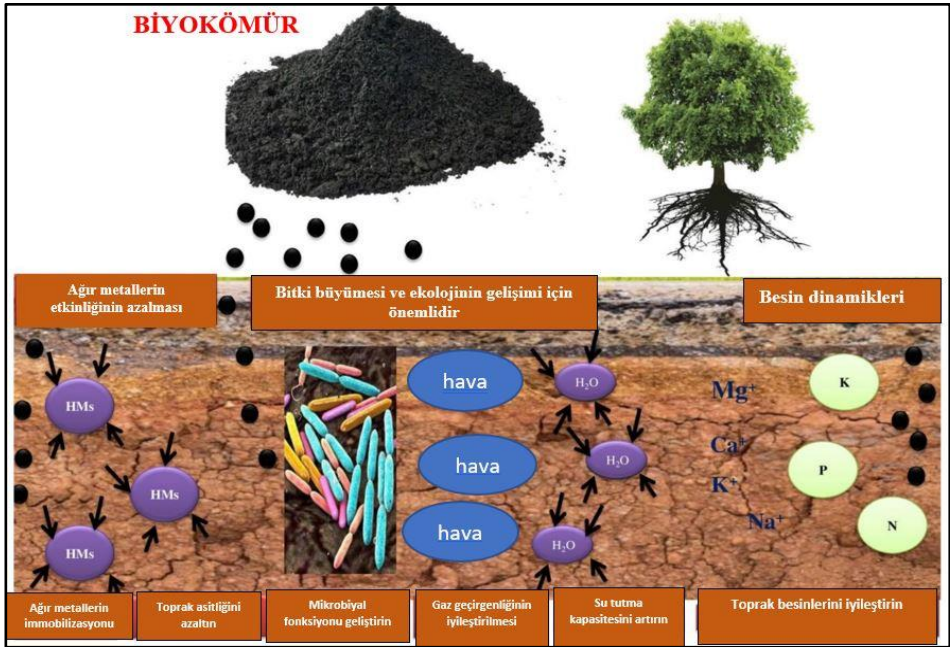
Şekil 3. Biyokömür dinamiklerinin ve tarımsal ekosistem ve çevresel sürdürülebilirlikteki rolünün diyagramatik gösterimi (Ayaz ve ark., 2021).

4.1. Biyokömürün toprak sağlığı üzerine etkisi

4.1.1. Biyokömürün toprak besin maddeleri üzerindeki etkisi

Biyokömür uygulaması, bozulmuş toprakların işlevselliğinin geri kazanılması ve uzun vadeli toprak işlevlerinin ve verimliliğinin sürdürülmesi için etkili bir uygulamadır (Kuppusamy ve ark., 2016). Biyokömür ilavesi bozulmuş ve düşük verimli toprakları iyileştirir ve böylece ürün üretimini iyileştirir (Randolph ve ark., 2017). El-Naggar, biyokömürün düşük verimli topraklar için en iyi yönetim uygulaması olma potansiyeline sahip olduğunu bildirmiştir (Koide, 2017).

Biyokömürdeki başlıca besin maddeleri bitkiler için istenen miktarda olmayabilir (Mohanty ve ark., 2013), ancak kullanılabilir NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} ve K^+ toplam N, P ve K miktarıyla ilişkili olabilir. Örneğin, toplam N kaybı, yüksek termal olarak ayrıştırılmış biyokömürdeki kullanılabilir N'de bir azalmaya yol açar (Filiberto ve Gaunt, 2013).



Şekil 4. Biyokömür ile toprağın iyileştirilmesinin mekanizması (Murtaza ve ark., 2023).

Biyokömür yüzeyindeki farklı besin iyonlarının emilimi ve salınımı, biyokömürle iyileştirilmiş toprağın pH'ındaki değişime bağlı olarak meydana gelir (Oguntunde ve ark., 2004). Yao ve ark. (2012), N ve P'nin amonyum/nitrat ve fosfat iyonları olarak alımının biyokömür uygulamasıyla önemli ölçüde azaldığını ve toprak sızıntılarındaki sıklıklarının büyük oranda azaldığını bildirmiştir. Toprağın özellikleri, örneğin doku, kil-kum içerikleri ve pH, biyokömür besin tutunum

özelliklerini değiştirebilir (Yao ve ark., 2012). Ek olarak, besin hareketi ayrıca biyokömür adsorpsiyonunu ve sonraki salınım özelliklerini de değiştirir. Eklenen organik gübrenin besin kullanım verimliliği de biyokömür değişikliğiyle artar. Azotun dinamizmi, esas olarak daha sonraki azaltılmış N kaybı için nitrat dönüşümünde bir azalmaya neden olur ve optimum azot kullanım verimliliği için önemli kabul edilebilecek olan biyokömür değişikliğine yanıt olarak gerçekleşir (Radwan ve ark., 2020). Böylece, biyokömürün besin dinamikleri ayrıca besinleri drenaj, yüzey akışı, sızma, mikrobiyal sindirim ve fiziksel uçuculuk süreçlerinden yakalayarak adsorbe edilen besin maddelerinin sıcaklığa ve pH'a bağlı yavaş salınımına yardımcı olur. Bu nedenle, bitkiler ve mahsuller besin maddelerini potansiyel olarak alabilirler, çünkü bunlar kök bölgesinde bitki tarafından kullanılabilir formlarda olacaktır (Filiberto ve Gaunt, 2013; Oguntunde ve ark., 2004). Biyokömür değişikliği ile toprağın fiziksel özelliklerinin sürekli iyileştirilmesi, daha iyi agregat stabilitesi ve oluşumunu içerir ve toprak mikrobiyal topluluğunda ve aktivitelerinde değişiklik, N ve P gibi oldukça ve makul derecede hareketli besin maddelerinin tutulması üzerinde dolaylı bir etki uygular (Yao ve ark., 2012).

4.1.2. Biyokömürün toprak organik maddesi üzerindeki etkisi

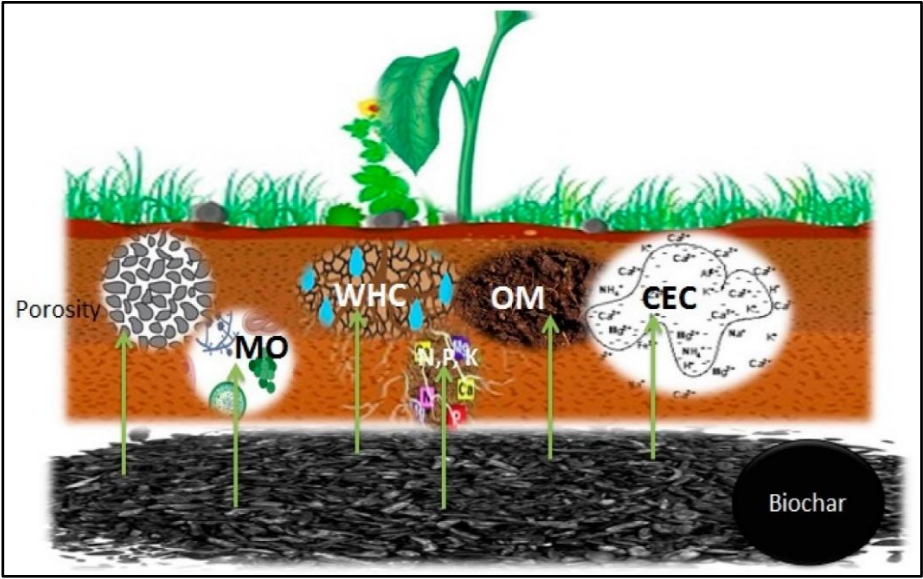
Biyokömür değişikliğine atfedilen artırılmış toprak verimliliği beklentisi, büyük oranda siyah karbon içeren terra preta araştırmasından kaynaklanmaktadır (Wang ve ark., 2017). Terra preta toprağının organik madde içeriği açısından zengin olduğu, toprakta biyokömür varlığına dair daha önceki kanıtları yansıtmaktadır. Six ve ark. (2002), biyokömürün ince-iri toprağın makroagregalarında C depolanmasını

artırdığını ve dolayısıyla toprak organik maddesinin, fiziksel güvenliğini artırdığını bildirdi; kararlı mikroagregalarda C depolanması, toprak organik maddesini uzun bir süre stabilizasyonunu destekleyebilir (Zimmerman, 2010). Biyokömürle uyarılan C'nin fiziksel fiksasyonu, genellikle düşük termal olarak ayrışan biyokömürlerin bir özelliği olan kısmen karbonize olmuş, yüksek oranda parçalanabilir organik kalıntıların varlığıyla ilişkili olabilir (Fang ve ark., 2015). Toprak organik maddesi, organik parçacıkları destekleyebilen mineral bağlama alanlarının daha düşük yüzey alanı nedeniyle genellikle daha ince dokulu topraklardan ziyade daha kaba dokulu topraklarda sindirime karşı daha hassas olsa da (Sing ve Cowie, 2014), Eucalyptus saligna odun biyokömürlerinin kumlu toprakta yerli organik C'nin mineralizasyonunu artırdığını, ancak killi dokulu toprakta artırmadığını belirtmişlerdir. Dahası, çayır toprağına biyokömür eklenmesi, olumlu kısa vadeli astarlama etkileri nedeniyle yerli toprak organik C'nin mineralizasyonunun uyarılmasına neden olur (Jien ve Wang, 2013).

4.1.3. Biyokömürün mikrobiyota üzerindeki etkisi

Biyokömürün toprak mikroplarının aktivitesi üzerindeki etkisi, toprak ve ürün türlerine bağlıdır (Uzoma ve ark., 2011). 30 ve 60 t h⁻¹ oranında odun kaynaklı biyokömür uygulaması, mikrobiyal topluluk üzerinde çok kısa süreli olumlu bir etkiye sahiptir (Sánchez-Monedero ve ark., 2019). Son zamanlarda yapılan bir çalışmada, Lu ve ark. (2020), mikroplar için elverişli ortamı nedeniyle biyokömürün gözenekli yapısının toprak mikrobiyotasını önemli ölçüde artırdığını bildirmiştir. Otsuka ve ark. (2008), toprak bakteri topluluğunun çeşitliliğinin, işlenmemiş topraklara kıyasla biyokömür değişikliğinden sonra %25 oranında arttığını

bildirmiştir. Ancak, mikrobiyal biyokütle C ve N mineralizasyonu biyokömür değişikliği ile düşürülmüş, bu da biyokömürün kireçleme etkisinden gelen herhangi bir etkinin, toprak mikroplarının kütlelerinde ve topluluğunda bir azalma ile dengelendiğini yansıtmaktadır (Rutigliano ve ark., 2014; Dempster ve ark., 2012).



Şekil 5. Biyokömürün toprak üzerindeki faydalı etkileri (MO: Mikroorganizma, WHC: su tutma kapasitesi, OM: organik madde, CEC: kation değişim kapasitesi) (Alkharabsheh ve ark., 2021).

Biyokömür uygulaması toprak pH'ını artırabilir. Alkali mikro alanlardaki artış, özellikle asidik toprakta amonyak oksitleyici popülasyonunu da değiştirebilir (De Boer ve Kowalchuk, 2001; Gao ve ark., 2017). Benzer şekilde, pirinç samanı biyokömürü uygulaması Actinobacteria ve Ascomycota mantar topluluklarını önemli ölçüde azalttığı ancak, toprak mikrobiyal tür çeşitliliği ve bolluğu biyokömür uygulamasından sonra değişebilir (Farrell ve ark., 2013). Dahası,

biyokömür değişikliği toprak besin döngüsünü ve besin tedarikini değiştirir ve bu da mikrobiyal topluluğu etkileyebilir (He ve ark., 2017).

5. Sonuç

Organik tarım, kimyasal girdilerden kaçınarak doğal yöntemlerle toprak sağlığını korumayı amaçlar. Bu bağlamda, gıda ve biyokömür gibi organik katkı maddeleri, toprağın biyolojik ve fiziksel özelliklerini geliştirme potansiyeline sahiptir.

Gıda, toprağın organik maddesini artırarak toprak yapısını iyileştirir, su tutma kapasitesini artırır ve bitki besin maddelerinin erişimini kolaylaştırır. Bu, özellikle organik tarımda toprak verimliliğini sürdürülebilir şekilde artırmak için kritik bir uygulamadır.

Biyokömür, organik materyallerin piroliz edilmesiyle elde edilen karbon zengini bir malzemedir ve toprak sağlığını uzun vadede iyileştirir. Biyokömür, toprağın su ve besin maddelerini tutma kapasitesini artırırken, toprak pH'sını dengeleyerek mikrobiyal aktiviteyi teşvik eder. Ayrıca, biyokömürün karbon depolama kapasitesi, iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir katkı sağlar.

Sonuç olarak, organik tarım uygulamalarında gıda ve biyokömür kullanımı, toprak sağlığını ve verimliliğini artırmada etkili stratejiler sunmaktadır. Gıda, toprağın organik maddesini artırırken, biyokömür ise uzun vadeli toprak iyileştirmeye katkıda bulunur ve çevresel sürdürülebilirliği destekler. Bu yöntemlerin entegrasyonu, organik tarımın hedeflerine ulaşmasını sağlayarak, daha sağlıklı ve sürdürülebilir tarım sistemlerinin oluşturulmasına katkıda bulunur.

Kaynaklar

- Akyıldız, R. (1979). Afşin-Elbistan Linyit Kömürü Havzası Gıdaları'nın Bölge Tarım Topraklarının Fiziksel Özelliklerine Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi
- Alkharabsheh, HM., Seleiman, MF., Battaglia, ML., Shami, A., Jalal, RS., Alhammad, BA, & Al-Saif, AM (2021). Biyokömür ve toprak kalitesi ve verimliliği, besin maddelerinin yıkanması ve ürün verimliliği üzerindeki genel etkileri: Bir inceleme. *Tarım Bilimi*, 11 (5), 993.
- Arif, M., Ali, S., Ilyas, M., Riaz, M., Akhtar, K., Ali, K., & Wang, H. (2021). Yarı kurak iklimde sulanan bir mısır tarım ekosisteminde biyokömür ve organik-inorganik gübreler yoluyla fosfor bulunabilirliğini, toprak organik karbonunu, mısır verimliliğini ve çiftlik karlılığını artırmak. *Toprak Kullanımı ve Yönetimi*, 37 (1), 104-119.
- Awad, YM., Lee, SS., Kim, KH., Ok, YS., & Kuzyakov, Y. (2018). Carbon and nitrogen mineralization and enzyme activities in soil aggregate-size classes: Effects of biochar, oyster shells, and polymers. *Chemosphere*, 198, 40-48.
- Ayaz, M., Feizienė, D., Tilvikienė, V., Akhtar, K., Stulpinaitė, U., & Iqbal, R. (2021). Biochar role in the sustainability of agriculture and environment. *Sustainability*, 13(3), 1330.
- Baker, BP., Cooley, D., Futrell, S., Garling, L., Gershuny, G., Green, TA, & Young, SL. (2015). Organik tarım ve entegre zararlı yönetimi: sinerjik ortaklığa ihtiyaç var.
- Brewer, CE., Chuang, VJ., Masiello, CA., Gonnermann, H., Gao, X., Dugan, B., & Davies, CA. (2014). Biyokömür yoğunluğunu ve gözenekliliğini ölçmeye yönelik yeni yaklaşımlar. *Biyokütle ve biyoenerji*, 66, 176-185.
- Celik, A., Belliturk, K., Sakin, E. (2020). Agriculture friendly bio fertilizers in waste management: vermicompost and biochar. New approaches and applications in agriculture. İKSAD Publishing, Ankara.
- Chaichi, W., Djazouli, Z., Zebib, B., & Merah, O. (2018). Effect of vermicompost tea on faba bean growth and yield. *Compost Science & Utilization*, 26(4), 279-285.
- Chopra, A., Rao, NC., Gupta, N., & Vashisth, S. (2013). Güneşli veya yağmurlu olsun; organik gıdalar her zaman revaçta: Fütürist bir

- bakış açısı. Uluslararası Beslenme, Farmakoloji, Nörolojik Hastalıklar Dergisi, 3 (3), 202-205.
- Dangour, AD., Allen, E., Lock, K., & Uauy, R. (2010). Organik gıdaların besin bileşimi ve sağlık yararları-mevcut kanıtları sorgulamak için sistematik incelemelerin kullanılması. *Indian Journal of Medical Research*, 131 (4), 478-480.
- De Boer, W., & Kowalchuk, GA. (2001). Asitli topraklarda nitrifikasyon: mikroorganizmalar ve mekanizmalar. *Toprak Biyolojisi ve Biyokimyası*, 33 (7-8), 853-866.
- Demirkiran, AR., & Cengiz, MC. (2010). Effects of Different Organic Materials and Chemical Fertilizers on Nutrition of Pistachio (*Pistacia Vera L.*) Inorganic Arboriculture. *African Journal of Biotechnology*, 9, 6320- 6328.
- Dempster, DN., Gleeson, DB., Solaiman, ZI., Jones, DL., & Murphy, DV. (2012). Decreased soil microbial biomass and nitrogen mineralisation with Eucalyptus biochar addition to a coarse textured soil. *Plant and soil*, 354, 311-324.
- Doğan, Z., Arslan, S., & Berkman, A. (2015). Türkiye’de tarım sektörünün iktisadi gelişimi ve sorunları: tarihsel bir bakış. Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 8(1), 29-41.
- Durmuş, TK., Özdemir, N., & Durmuş, M. (2020). Organik atık uygulamalarının asit, nötr ve alkali toprakların üreaz enzim aktiviteleri üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(2), 223-231.
- Ebitu, L., Avery, H., Mourad, KA., & Enyetu, J. (2021). Sürdürülebilir tarım için vatandaş bilimi - Sistematik bir literatür incelemesi. *Arazi kullanım politikası*, 103, 105326.
- Ergin, MR. (2016). Gıda uygulamasının fındıkta verim ve kalite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ordu.
- Ergönül, Y., (1979). “Afşin-Elbistan Linyit Kömürü Havzasından Elde Edilen Gıdaların Tarımda Kullanma Olanakları Üzerinde Bir Araştırma”. AfşinElbistan Kömür Havzasında Sondajlama Kuyularının Jeoloji Etüt Raporu. S. 40, Ankara.
- Fang, Y., Singh, B., & Singh, BP. (2015). Sıcaklığın biyokömür astarlama etkileri ve topraklardaki kararlılığı üzerindeki etkisi. *Toprak Biyolojisi ve Biyokimyası*, 80, 136-145.

- Farrell, M., Kuhn, TK., Macdonald, LM., Maddern, TM., Murphy, DV., Hall, A., & Baldock, JA. (2013). Microbial utilisation of biochar-derived carbon. *Science of the Total Environment*, 465, 288-297.
- Filiberto, DM., & Gaunt, JL. (2013). Practicality of biochar additions to enhance soil and crop productivity. *Agriculture*, 3(4), 715-725.
- Fließbach, A., & Maeder, P. (2000). Mikrobiyal biyokütle ve boyutyoğunluk fraksiyonları organik ve geleneksel tarım sistemlerinin toprakları arasında farklılık gösterir. *Toprak Biyolojisi ve Biyokimyası*, 32 (6), 757-768.
- Furtak, K., & Gałazka, A. (2019). Organik tarımsal üretimin toprak üzerindeki etkisi: Mikrobiyolojik parametreler. *Polish journal of soil science*. Vol. L2/II.
- Gao, L., Wang, R., Shen, G., Zhang, J., Meng, G., & Zhang, J. (2017). Effects of biochar on nutrients and the microbial community structure of tobacco-planting soils. *Journal of soil science and plant nutrition*, 17(4), 884-896.
- Gürler, A. Z. (2008), *Tarım Ekonomisi*, Ankara, Nobel Yayın ve Dağıtım.
- Hansen, B., Alrøe, HF., & Kristensen, ES. (2001). Özellikle Danimarka'ya ilişkin olarak organik tarımın çevresel etkisini değerlendirme yaklaşımları. *Tarım, Ekosistemler ve Çevre*, 83 (1-2), 11-26.
- Jalal, F., Arif, M., Akhtar, K., Khan, A., Naz, M., Said, F., & Wei, F. (2020). Biochar integration with legume crops in summer gape synergizes nitrogen use efficiency and enhance maize yield. *Agronomy*, 10(1), 58.
- Jien, SH., & Wang, CS. (2013). Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. *Catena*, 110, 225-233.
- Kadioğlu, YK., Namlı, A., Kadioğlu, S., Kılınç, CÖ., & Akça, MO. (2015). EÜAŞ Afşin-Elbistan havzası linyit işletmesinin havza araştırılmasın jeolojik ve jeofizik yöntemlerle organik ve inorganik bileşenlerin belirlenmesi (Tanım-Tespit-Etüt). 4. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, 01-04 Eylül 2015, Kahramanmaraş.
- Koide, RT (2017). Biyokömür—İlman topraklarda arbusküler mikoriza etkileşimi. *Toprağın mikorizal aracılığında* (s. 461-477). Elsevier.
- Kuppusamy, S., Thavamani, P., Megharaj, M., Venkateswarlu, K., & Naidu, R. (2016). Agronomic and remedial benefits and risks of

- applying biochar to soil: current knowledge and future research directions. *Environment international*, 87, 1-12.
- Kural, O. (1978). "Türkiye Linyitlerinde Humik Asit Dağılımının İncelenmesi". İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Maden Müh. Böl., Doktora Tezi (Basılmamış). İTÜ, İstanbul.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). Biochar for environmental management: an introduction. Biochar for Environmental Management–Science and Technology. Edited by Lehmann J. and S. Joseph. *Earthscan*.
- Lu, H., Yan, M., Wong, MH., Mo, WY., Wang, Y., Chen, XW., & Wang, JJ. (2020). Effects of biochar on soil microbial community and functional genes of a landfill cover three years after ecological restoration. *Science of the Total Environment*, 717, 137133.
- Lu, L., Yu, W., Wang, Y., Zhang, K., Zhu, X., Zhang, Y., & Chen, B. (2020). Application of biochar-based materials in environmental remediation: from multi-level structures to specific devices. *Biochar*, 2, 1-31.
- Merah, O., Djazouli, ZE., & Zebib, B. (2021). Aqueous extract of algerian nettle (*Urtica dioica* L.) as possible alternative pathway to control some plant diseases. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 45, 463-468.
- Mohanty, P., Nanda, S., Pant, KK., Naik, S., Kozinski, JA., & Dalai, AK. (2013). Buğday samanı, çayır otu ve çam ağacının pirolizinden elde edilen biyokömürlerin fizikokimyasal gelişiminin değerlendirilmesi: ısıtma hızının etkileri. *Analitik ve uygulamalı piroliz dergisi*, 104, 485-493.
- Murtaza, G., Ahmed, Z., Eldin, SM., Ali, I., Usman, M., Iqbal, R., & Tariq, A. (2023). Biochar as a green sorbent for remediation of polluted soils and associated toxicity risks: a critical review. *Separations*, 10(3), 197.
- Northbourne, WL. (2003). Look to the Land. Sophia Perennis.
- Oguntunde, PG., Fosu, M., Ajayi, AE., & Van De Giesen, N. (2004). Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. *Biology and Fertility of soils*, 39, 295-299.
- Oquist, KA., Strock, JS., & Mulla, DJ. (2007). Influence of alternative and conventional farming practices on subsurface drainage and water quality. *Journal of Environmental Quality*, 36(4), 1194-1204.

- Otsuka, S., Sudiana, I., Komori, A., Isobe, K., Deguchi, S., Nishiyama, M., & Senoo, K. (2008). Community structure of soil bacteria in a tropical rainforest several years after fire. *Microbes and Environments*, 23(1), 49-56.
- Pimentel, D., & Burgess, M. (2014). Organik ve geleneksel tarım sistemlerinin çevresel, enerjik ve ekonomik karşılaştırması. Entegre Zararlı Yönetimi: Pestisit Sorunları, Cilt 3 , 141-166.
- Pretty, J., Benton, TG., Bharucha, ZP., Dicks, L. V., Flora, CB., Godfray, HCJ., & Wratten, S. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1(8), 441-446.
- Radwan, NM., Marzouk, ER., El-Melegy, AM., & Hassan, MA. (2020). Improving soil properties by using biochar under drainage conditions in North Sinai. *Sinai Journal of Applied Sciences*, 9(2), 157-168.
- Randolph, P., Bansode, RR., Hassan, OA., Rehrah, DJ., Ravella, R., Reddy, MR., & Ahmedna, M. (2017). Effect of biochars produced from solid organic municipal waste on soil quality parameters. *Journal of environmental management*, 192, 271-280.
- Rasul, G., & Thapa, GB. (2003). Agricultural sustainability in the developing world: A case study of the Chittagong Hill Tracts, Bangladesh. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 1(2), 84-103.
- Rembiałkowska, E. (2007). Quality of plant products from organic agriculture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(15), 2757-2762.
- Rutigliano, FA., Romano, M., Marzaioli, R., Baglivo, I., Baronti, S., Miglietta, F., & Castaldi, S. (2014). Bir buğday mahsulünde biyokömür ilavesinin toprak mikrobiyal topluluğu üzerindeki etkisi. *Avrupa Toprak Biyolojisi Dergisi*, 60, 9-15.
- Salim, D., De Caro, P., Merah, O., & Chbani, A. (2020). Aktif madde kaynağı olarak *Ulva lactuca* özlerini kullanarak hasat sonrası turunçgil yeşil küfünün kontrolü. *Uluslararası Biyokaynak ve Stres Yönetimi Dergisi*, 11 (3), 287-296.
- Saltalı, K. & Yıldırım, Ö. (2016). Kuru koşullarda çerezlik ayçiçeği (*helianthus annuus l.*) yetiştiriciliğinde gıda uygulamasının bazı toprak ve bitki özelliklerine etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(1), 84-90.

- Saltalı, K., & Kara, Z. (2022). Effects of Gytja Applications on Some Chemical Properties of Acidic Soils. *KSU J. Agric Nat* 25(2), 374-379.
- Saltalı, K., & Nedirli, A. (2021). Phosphorus Sorption by Gytja and Its Effect on The pH Value and Phosphorus in Acidic Soils. *Turk. J. Agric. For.* 45, 402-410.
- Samie, M., & Abedullah, AA., Ahmed, I., Khan, MZ., & Qasim, M. (2010). Impact of organic farming on yield and quality of crops. *Journal of Agricultural Research*, 48(2), 157-164.
- Sánchez-Monedero, MA., Cayuela, ML., Sánchez-García, M., Vandecasteele, B., D'Hose, T., López, G., & Mondini, C. (2019). Agronomic evaluation of biochar, compost and biochar-blended compost across different cropping systems: Perspective from the European project FERTIPLUS. *Agronomy*, 9(5), 225.
- Seufert, V., Ramankutty, N., & Mayerhofer, T. (2017). Organik denen şey nedir? Organik tarımın düzenlemelerde nasıl kodlandığı. *Gıda Politikası*, 68, 10-20.
- Singh, BP., & Cowie, AL. (2014). Long-term influence of biochar on native organic carbon mineralisation in a low-carbon clayey soil. *Scientific reports*, 4(1), 3687.
- Singh, M., & George, C. (2012). Organic agriculture and soil health: A review. *Agricultural Research & Technology*, 9(3), 179-185.
- Six, J., Conant, RT., Paul, EA., & Paustian, K. (2002). Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. *Plant and soil*, 241, 155-176.
- Stolze, M. (2000). Organic farming in Europe: economics and policy. The environmental impacts of organic farming in Europe. Univ. Hohenheim.
- Tamer, N., & Karaca, A. (2006). Effects of Gytja and Lignite on Some Enzyme Activities of Soil. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 20, 14-22.
- Torun, B. (2009). The Effect of Gytja Application on Cereal Grain Yield and Soil PhysicalChemical Properties in Field Conditions. *HRU Faculty of Agriculture Journal*, 13, 60-72.
- Turgay, O.C., Tamer, N., Türkmen, C., & Karaca, A. (2004). "Gıdya ve Ham Linyit Materyallerinin Toprağın Biyolojik Özelliklerine Etkisini Değerlendirmede Toprak Mikrobiyal Biyokütlesi". 3. Ulusal Gübre Kongresi Bildiri Kitabı, 1. Cilt, S; 827- 836, Tokat.
- Uzoma, KC., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., & Nishihara, E. (2011). Effect of cow manure biochar on maize

- productivity under sandy soil condition. *Soil use and management*, 27(2), 205-212.
- Wang, D., Fonte, S.J., Parikh, S.J., Six, J., & Scow, K.M. (2017). Biochar additions can enhance soil structure and the physical stabilization of C in aggregates. *Geoderma*, 303, 110-117.
- Winter, C.K., & Davis, S.F. (2006). Organik gıdalar. *Gıda bilimi dergisi*, 71 (9), R117.
- Yao, Y., Gao, B., Chen, H., Jiang, L., Inyang, M., Zimmerman, A.R., & Li, H. (2012). Adsorption of sulfamethoxazole on biochar and its impact on reclaimed water irrigation. *Journal of hazardous materials*, 209, 408-413.
- Yörük, M. (1981). Afşin-Elbistan linyit kömürü havzasında elde olunan gıdaların tarımda kullanılma olanakları üzerinde bir araştırma, A.Ü. Fen Bil Ens., Ankara.
- Zimmerman, A.R. (2010). Abiotic and microbial oxidation of laboratory-produced black carbon (biochar). *Environmental science & technology*, 44(4), 1295-1301.
- Zülfikar, R., & Thapa, G.B. (2016). Sustainability of organic farming in Pakistan: A case study of Punjab Province. *Journal of Sustainable Agriculture*, 38(4), 411-431.



ISBN: 978-625-367-833-3