

”

ZİRAAT, ORMAN  
VE SU ÜRÜNLERİ  
ALANINDA ARAŞTIRMALAR  
VE  
DEĞERLENDİRMELER

EDİTÖR

PROF. DR. ALİ MUSA BOZDOĞAN

**İmtiyaz Sahibi • Yaşar Hız**  
**Genel Yayın Yönetmeni • Eda Altunel**  
**Yayına Hazırlayan • Gece Kitaplığı**  
**Editör • Prof. Dr. Ali Musa BOZDOĞAN**

**Birinci Basım • Ekim 2024 / ANKARA**

**ISBN • 978-625-388-021-7**

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir.  
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan  
hiçbir yolla çoğaltılamaz.

**Gece Kitaplığı**

**Adres:** Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak Ümit Apt  
**No:** 22/A Çankaya/ANKARA Tel: 0312 384 80 40

[www.gecekitapligi.com](http://www.gecekitapligi.com)  
[gecekitapligi@gmail.com](mailto:gecekitapligi@gmail.com)

**Baskı & Cilt**  
Bizim Buro  
**Sertifika No:** 42488

# **Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler**

**Ekim 2024**

Editör:  
Prof. Dr. Ali Musa BOZDOğAN



# İÇİNDEKİLER

## BÖLÜM 1

### COVID-19 ÖNCESİ VE SONRASI DÖNEMDE ARI ÜRÜNLERİNİN MEVCUT DURUMUN İNCELENMESİ

*Nefel DADAK, Burcu ERDAL*.....1

## BÖLÜM 2

### BAHÇE BİTKİLERİ ÜRETİMİNDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK ETKİLERİ VE UYUM ÇALIŞMALARI KAPSAMINDA MODERN BİYOTEKNOLOJİK YAKLAŞIMLAR

*Çağlar KAYA, Sibel TAN* .....21

## BÖLÜM 3

### THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF *COCOS NUCIFERA* AND ITS ROLE IN PLANT DISEASE CONTROL

*Nida UYSAL* .....43



# BÖLÜM 1

## COVID-19 ÖNCESİ VE SONRASI DÖNEMDE ARI ÜRÜNLERİNİN MEVCUT DURUMUN İNCELENMESİ

*Nefel DADAK<sup>1</sup>*

*Burcu ERDAL<sup>2</sup>*

---

1 Yüksek Lisans Öğrencisi, BUÜ Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, <https://orcid.org/0009-0009-1439-1165>

2 Dr. Öğr. Üyesi, BUÜ Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü,

<https://orcid.org/0000-0002-6839-913X>

## 1. Giriş

Arı ürünleri, antik çağlardan beri sağlığın korunması ve hastalıkların tedavisinde kullanılmıştır. Bal, polen ve propolis gibi ürünler, antioksidan ve antimikrobiyal özellikler açısından zengindir. Kimyasal ilaçlara olan endişeler alternatif tedavi arayışlarını arttırmaktadır (Sorucu, 2019).

Eski çağlardan bu yana insanların çeşitli alanlarda kullandığı arı ürünleri; bireylerin beslenmelerinde ve tedavilerinde önemli rol oynamaktadır (Dadalı ve Elmacı, 2021).

Bal arılarının dünyamızda asırlardır var oluşu, üretmiş oldukları bal, polen, propolis, arı sütü ve arı zehri gibi ürünlerin kimyasal yapısı, biyolojik özellikleri ve bu arı ürünlerinin pek çok alanda uygulanabilirliği, günümüzde de hala sağlık açısından alternatif ürün olarak kullanılması nedeniyle önemlidir (Premratanachai ve Chanchao, 2014).

Arılar; biyolojik çeşitliliği ve tarımsal üretimi koruyarak doğal kaynakların sürdürülebilirliği, bal ve diğer arı ürünlerinin üretimi ve satışı yoluyla gelir elde edilmesi ile de ekonomik değerini artırır (Crane, 1999).

## 2. Covid-19 Etkisi

Covid-19 pandemisi dünya genelinde birçok alanda hızlı değişimlere neden olmuştur. Pandemi Dünya’da 2019’da yayılırken, Türkiye’de tespit edilen ilk Covid-19 vakası 11 Mart 2020 tarihinde dönemin Sağlık Bakanı Fahrettin Koca tarafından açıklandı (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2020). Bu dönemde, fiziksel mağazalara erişimi kısıtlanan insanlar, ihtiyaçlarını e-ticaret siteleri üzerinden karşılamaya başlamıştır. Bu durum, çevrimiçi alışverişin dikkat çekici düzeyde arttığı bir dönemi işaret etmektedir (Gençyürek Erdoğan, 2020).

Salgının etkilerini en az seviyeye indirmek için alınan önlemler, sokağa çıkma kısıtlamaları, zorunlu izolasyon süreleri, uluslararası seyahat kısıtlamaları ve sosyal mesafe kuralları gibi faktörler, tüketici davranışlarında belirgin değişimlere yol açmıştır. (Erkan, 2020; Keskin, 2020). Pandeminin etkisinin artmasıyla birlikte, tüketicilerin alışveriş alışkanlıkları da değişmeye başlamıştır. COVID-19 salgını dönemindeki evde kalma trendinin e-ticareti arttırdığı gibi arıcılık ürünlerine olan talebi de arttırdığı, evde daha fazla zaman geçiren insanların farklı yiyecek ve içecekler denemeye başlarken bal, propolis gibi ürünlere olan ilgisinin de arttığı söylenebilir (Güven, 2020).

Salgın, arı ürünlerine olan talebi artırmıştır. Salgın döneminde, bağışıklık sistemini güçlendirmeye yardımcı olması nedeniyle arı ürünlerine



olan talepte artış gözlemlenmiştir. Arıcılıkta üretimi ya da ticareti yapılan tek ürün bal değildir. Propolis, arı sütü, polen gibi arıcılık ürünlerinin de üretimi gerçekleştirilmektedir ve bu dönem bu ürünlerin de satışlarını arttırmıştır (DİKA,2021).

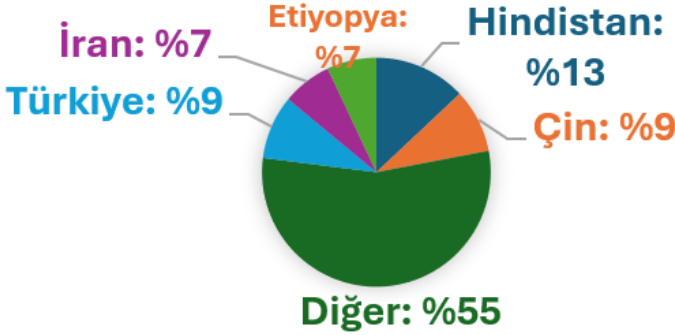
### 3. Arı Ürünlerinin Dünyadaki Durumu

Arılar, sadece bal üretmek için değil, tozlaşma süreci aracılığıyla doğrudan ve dolaylı olarak dünya için büyük bir öneme sahiptir. Yani arılar, sadece bal yapmakla kalmayıp, bitkilerin çoğalması ve ekosistemin dengesinin korunması için hayati bir rol oynarlar (Gallai ve ark., 2009; Klein ve ark., 2007).

#### 3.1. Dünya’da Kovan Varlığı ve Dağılımı

Günümüzde hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için önemli olan tarımsal faaliyetlerden biri arıcılıktır (Burucu, 2023).

Dünya genelinde arıcılık faaliyetlerinin öneminin giderek artması ve bu alandaki kovan varlığının da sürekli olarak artış göstermesi arıcılık endüstrisinin hem sosyo-ekonomik, hem de ekolojik açıdan önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Gallai ve ark., 2009; Klein ve ark., 2007).



Grafik 1. Ülkelere göre kovan varlığı (2021)

Kaynak: FAO, 2023, TÜİK, 2023

2021 yılına ait verilere göre dünya genelinde 101.624 milyon adet kovan bulunmaktadır. Bu kovanların dağılımı şu şekildedir: Hindistan: 12.848 milyon adet kovan (%12,6)- 2021 yılında bir önceki yıla kıyasla %2,1 oranında artış Çin: 9.217 milyon adet kovan (%9,1)- 2021 yılında bir önceki yıla kıyasla % 0,3 oranında artış Türkiye: 8.733 milyon adet kovan (%8,6)- 2021 yılında bir önceki yıla kıyasla %6,8 oranda artış göstererek en yüksek artış oranına sahip ülke olmuştur. Görüldüğü gibi, Hindistan,

Çin ve Türkiye dünya genelindeki kovan sayısında ilk üç sırayı almaktadır (Burucu, 2023).

*Tablo 1. 2022 Dünya Kovan Miktarları*

Sıra	Ülke	Kovan Varlığı	Dünya Stokundaki Payı (%)
1	Hindistan	12.614.760	12,5
2	Çin	9.416.856	9,3
3	Türkiye	8.984.676	8,9
4	İran	7.575.395	7,5
5	Etiyopya	6.208.035	6,2
6	Tanzanya	3.077.056	3,1
7	Arjantin	2.975.530	3
8	Rusya	2.789.983	2,8
9	ABD	2.667.000	2,6
10	Meksika	2.319.393	2,3

Kaynak: FAOSTAT, 2024

2019 yılında Dünya’da çıkan ve 2020 yılında ülkemize de sıçrayan pandemiye rağmen kovan miktarlarında çok ciddi bir değişim gözlenmemiş. Bu da pandemiye rağmen arıcılığın faaliyet gösterdiğini belirtiyor. Türkiye, kovan sayısındaki istikrarlı artış ile öne çıkan ülkelerden biri olmuştur. Pandeminin etkilerinin azalmaya başladığı 2022 yılını ayrı değerlendirdiğimizde rakamsal olarak bir önceki yıllara benzer bir tabloyla karşılaşmaktayız.

*Tablo 2. Dünya Kovan Miktarları (milyon adet)*

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Hindistan	12.166	12.124	12.348	12.589	12.848
Çin	9.096	9.158	9.165	9.192	9.217
Türkiye	7.991	8.108	8.128	8.179	8.733
İran	6.951	7.466	7.247	7.333	7.527
Etiyopya	6.524	7.075	6.958	6.986	7.106
Tanzanya	2.968	3.005	3.012	3.031	3.051
Arjantin	2.923	2.966	2.959	2.962	2.965
İspanya	2.905	2.966	3.034	2.967	2.953
Rusya Fed.	3.317	3.182	3.094	2.982	2.890
ABD	2.684	2.828	2.812	2.706	2.696
Diğer	35.529	38.375	39.290	40.542	41.638
Dünya	93.054	97.253	98.047	99.469	101.624

**Tablo 3. Dünya bal üretimi (ton)**

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Çin	542.544	446.879	444.054	458.100	472.700
Türkiye	114.471	107.920	109.330	104.077	96.344
İran	72.206	72.796	72.851	74.293	77.152
Arjantin	76.379	79.468	78.909	72.441	71.318
Ukrayna	66.231	71.279	69.937	68.028	68.558
Hindis-tan	62.810	63.826	64.514	65.250	66.278
Rusya	65.167	65.006	63.526	66.368	64.533
Meksika	51.066	64.253	61.986	54.165	62.080
ABD	67.596	69.857	71.179	66.948	57.364
Brezilya	41.696	42.268	45.801	51.508	55.828
Diğer	718.142	754.957	675.037	693.299	679.789
Dünya	1.878.308	1.838.509	1.757.124	1.774.477	1.771.944

Kaynak: FAO, 2023, TÜİK, 2023

Dünya bal üretimi pandeminin çıktığı 2019 yılında bir önceki yıla göre düşerken, 2020 yılında yükselmiş ve 2021 yılında tekrar bir düşüş yaşamıştır. Türkiye'ye baktığımızda 2019 yılından sonra devamlı düşüş görüyoruz. Bu yıllarda kovan sayısında artış varken üretimde düşüş olması kovanlardaki verimliliğin istenilen düzeyde olmadığını gösteriyor.

Türkiye'de ve bazı ülkelerde bu verimliliğin düşüşündeki sebeplerden biri arıcılık potansiyelinin tam olarak kullanılamaması olabilir. Bunda da ister istemez pandemi dönemindeki sokağa çıkma yasakları, lojistik sorunlar ve işgücü eksikliği gibi etkenler sebep olmuş olabilir. Bunun dışında iklim koşullarının olumsuzluğu, teknik bilgi yetersizliği ve arı hastalıkları gibi bazı sorunlar bal veriminin düşük kalmasının başlıca sebepleri olarak gösterilebilir (Burucu,2023)

### 3.2. Dünya'da Kovan Başına Bal Verimi

2022 yılında Dünya bal üretiminde %25,9 oranında paya sahip olan Çin, bal üretim miktarında ilk sırada iken, bal üretiminde %6,5'lik orana

sahip Türkiye ikinci, %4,3'lük paya sahip olan İran da üçüncü sırayı almıştır.

Dünya kovan varlığında %12,5 pay ile birinci olan Hindistan, 2022 yılında 74 ton bal üretimi ile bal üretiminde dördüncü sırada yer almıştır (Tablo 2; Tablo 4)

**Tablo 4.** 2022 yılı Miktar Bazında Dünyanın En Çok Bal Üreten Ülkeleri

Ülke	Bal üretim miktarı (Ton)	Dünya üretimindeki payı (%)
Çin	474.107	25,9
Türkiye	114.296	6,5
İran	79.535	4,3
Hindistan	74.204	4,1
Arjantin	70.437	3,8
Rusya	67.014	3,7
Meksika	64.320	3,5
Ukrayna	63.079	3,4
Brezilya	60.966	3,3
ABD	56.849	3,1

Kaynak: FAOSTAT, 2024

2021 yılı Dünya kovan başına düşen ortalama verim yaklaşık 17,4 kg ile bir önceki yıla göre %2,3 düşüş göstermiştir. Hindistan Dünya çapında kovan varlığında lider konumda olmasına rağmen kovan başına bal verimi 5,2 kg olarak gerçekleşmiştir. Üretim verimliliğindeki düşüş sebebiyle, miktar bazında dünya bal üretim miktarında dördüncü sırada yer almıştır (Tablo 4). Çin, 51,3 kg bal verimiyle ikinci sırada yer alırken, Türkiye ise 11,3 kg ile üçüncü sıradadır (Burucu,2023). COVID-19 pandemisi, dünya genelinde birçok sektörde ciddi etkiler yaratmıştır. Ancak, Dünya kovan sayısı ve bal üretim verileri göz önüne alındığında, artan talep nedeniyle pandemiye rağmen arıcılık sektörü faaliyetlerinin devam ettiği görülmektedir.

### 3.3. Dünya Bal İthalatı

2019 yılında dünya genelinde yapılan bal ithalatı yaklaşık 670 ton iken, 2021 yılına kadar artarak 758 tona ulaşmıştır. Tablo 5'te görüldüğü gibi, Dünya genelinde ithalat miktarı COVID-19 salgınına rağmen 2020 ve 2021 yılında bir önceki yıla göre artmıştır (FAO, 2023). 2021 yılında ise bal ithalatı Dünya genelinde rekor seviyeye ulaşmıştır.

2022 yılında pandemi etkisi azaldığı için rakamsal düşüşte pandemi- nin etkisinden bahsedilemez. Fakat lojistik problemler nedeniyle Dünya genelinde ithalat miktarında tekrar bir düşüş yaşandığı söylenilebilir.

ABD'nin ithalat miktarı 2019'dan 2021'e artarken, Almanya'da 2021 yılında bir önceki yıla göre %12,7 azalmış, Japonya'da ise yıllara göre çok

yakın düşüş ve yükseliş farklarıyla istikrarlı ilerlemiştir. Diğer ülkelerde pandemi yıllarındaki düşüş ve yükselişlere bakılırsa Almanya'daki düşüşün ciddi bir oran olduğunu görüyoruz (Burucu, 2023).

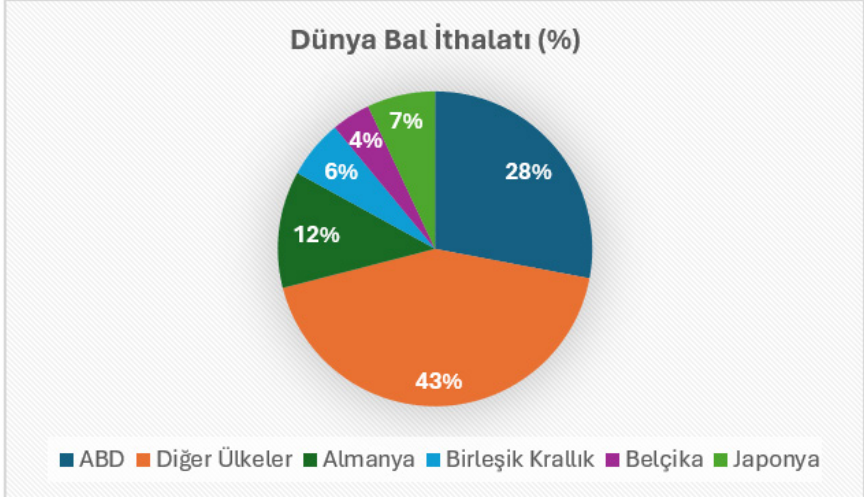
**Tablo 5. Yıllara ve Ülkelere Göre Dünya Bal İthalatı**

Ülkeler	2018	2019	2020	2021	2022
ABD	187.623	178.948	196.544	220.538	205.156
Almanya	85.978	82.202	90.136	78.701	74.651
Birleşik Krallık	50.599	48.830	46.863	51.912	53.912
Japonya	44.521	44.788	49.348	47.132	47.277
Belçika	24.915	24.818	28.147	31.745	39.746
İspanya	27.920	26.802	31.690	31.627	37.571
Fransa	32.302	32.819	34.869	29.295	35.506
Polonya	25.712	29.637	37.344	37.594	31.769
İtalya	27.875	23.580	21.041	23.586	26.517
Hollanda	15.791	14.785	13.582	17.396	17.721
Diğer	157.719	162.665	191.474	193.741	136.532
Dünya	680.955	669.874	694.175	758.218	704.358

Kaynak: TRADE MAP, 2023

ABD, dünya bal ithalatının %28 ile birinci sıradadır.

Almanya, Birleşik Krallık, Japonya ve Belçika diğer önemli ithalatçılar arasındadır.



**Grafik 2. 2022 Yılı Ülkelere Göre Bal İthalatı**

Kaynak: FAO,2023, \* TUIK,2023

### 3.4. Dünya Bal İhracatı

2018 yılında Dünya çapında yapılan bal ihracat miktarı 649 ton ile salgın döneminde yükseliş yaşamasına rağmen 2022 yılında bir önceki yıla kıyasla azalarak 533 tona gerilemiştir (Burucu, 2023). COVID-19 salgınına rağmen 2020 yılında dünya bal ihracatında önemli bir artış görülmüştür. 2021 yılında bu artış devam etmiştir.

**Tablo 6.** Ülkelere göre dünya bal ihracatı (2018-2022)

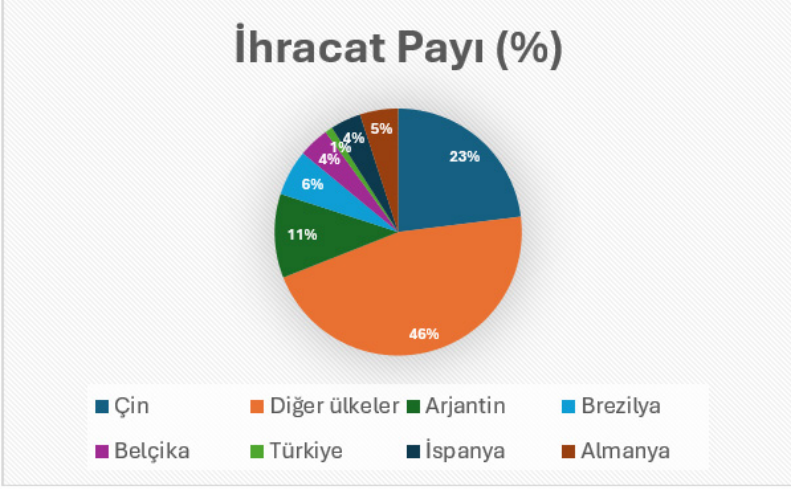
Ülkeler	2018	2019	2020	2021	2022
Çin	123.477	120.845	132.469	145.886	156.002
Arjantin	68.787	63.522	68.985	63.934	67.380
Brezilya	28.524	29.812	45.728	47.190	36.886
Belçika	19.835	17.654	22.353	25.740	31.975
Almanya	22.789	25.350	29.740	29.758	30.350
İspanya	23.090	22.471	28.263	28.442	28.370
Türkiye	6.413	5.548	6.038	9.994	17.248
Polonya	14.646	17.014	24.815	19.277	15.036
Macaristan	22.018	21.003	23.063	18.329	14.483
Bulgaristan	10.719	12.950	12.834	12.137	12.738
Diğer	308.308	290.119	326.489	329.645	122.213
Dünya	648.606	626.288	720.777	730.332	532.681

Kaynak: TRADE MAP, 2023

2022 yılında 156 ton ile ihracat zirvesi Çin’de gerçekleşmiştir (Tablo6).

Çin’i sırasıyla Arjantin ve Brezilya takip etmektedir (Grafik 3).

İthalatta yıllara göre düşüş yaşayan Almanya’nın ihracatta yıllara göre yükseldiği görülmektedir (Tablo 6).



*Grafik 3. 2022 Yılı Ülkelere Göre Dünya Bal İhracatı*  
FAO, 2023 \*TÜİK, 2023

#### 4. Arı Ürünlerinin Türkiye'deki Durumu

Türkiye, coğrafi konumu ve doğal zenginlikleri bakımından diğer ülkelere göre arıcılık için oldukça avantajlı bir konumdadır (Öztürk, 2013). Ülkemizde arıcılık, deniz seviyesinden yüksek yaylalara kadar çeşitli birçok yerde yapılabilmektedir (Burucu, 2023).

Türkiye'de pandemi sürecinin başlangıcından itibaren, arıcılığın üretim aşamaları, pazara erişim ve sonrasındaki süreçlerde kesintisiz devam edebilmesi için etkili politikalar uygulanmakta ve hızlı karar alma mekanizmaları etkin bir şekilde yürütülmektedir. Ancak, çeşitli destekler sağlansa da çevresel faktörlerin etkisi arıcılık sektörünün büyüme hızını yavaşlatmaktadır. İklimsel olumsuzluklar ve orman yangınları gibi (Burucu,2023).

##### 4.1. Türkiye' de Bal Üretimi

2016-2022 yılları arasında Türkiye'de bal üretimi genel olarak artış eğilimindedir.

2021 yılında 96 tona düşen üretim 2023 yılında yaklaşık %19,2 artarak 115 tona yükselmiştir.

2016 yılında 106 ton olan bal üretimi, 2022 yılında 118 ton ile Türkiye bal üretiminin en yüksek seviyesine ulaşmıştır

**Tablo 7. Türkiye yıllara göre kovan varlığı ve bal üretim miktarı**

Yıl	Arıcılık İşletme (adet)	Yapan Sayısı	Yeni Kovan Sayısı (adet)	Eski Kovan Sayısı (adet)	Bal Üretimi (ton)
2016	84.047		7.679.482	220.882	105.727
2017	83.210		7.796.666	194.406	114.471
2018	81.830		7.904.502	203.922	107.920
2019	80.675		7.929.368	198.992	109.330
2020	82.862		7.956.933	222.152	104.077
2021	89.361		8.456.305	277.089	96.344
2022	95.386		8.734.938	249.738	118.297
2023	100.399		8.969.387	255.494	114.886

Kaynak: TÜİK, 2024

#### 4.1.2. Türkiye’de Bal Üretimi ve Pandemi Dönemi

COVID-19 pandemisinin ülkemizde başladığı 2020 yılında bal üretiminde bir düşüş yaşanmıştır. Üretim miktarı 2020 yılında bir önceki yıla kıyasla %4,8 azalarak 104.077 tona gerilemiştir. Bal üretim miktarı 2021 yılında bir önceki yıla kıyasla yaklaşık %7,41 düşmüştür (Tablo 7.).

2022 yılında Türkiye’de bal üretiminde dikkat çekici bir artış yaşanmıştır. Üretim miktarı bir önceki yıla kıyasla %22,8 artarak 118 tona ulaşmıştır (Tablo 7.).

Kovan sayılarındaki artışlardan pandemiye rağmen arıcılık sektörünün faaliyetlerine devam ettiği düşünülebilir. Fakat üretimdeki düşüş kovan verimliliğine bağlıdır (Burucu, 2023).

Pandeminin, arıcılık sektörünü etkileyen çeşitli faktörleri dolaylı olarak etkilediği düşünülmektedir.

#### 4.2. Türkiye İllere Göre Kovan Varlığı

Türkiye’de 2022 yılındaki toplam arı kolonisi sayısı yaklaşık 9 milyona ulaşmıştır. Muğla, 884 bin arılı kovan ile Türkiye’deki toplam kovan sayısının %9,8’ini oluşturarak ilk sırada yer almıştır. Ordu, 609 bin kovan ile %6,8’lik bir paya sahip olup ikinci sırada, Adana ise 494 bin kovan ile %5,5’lik bir paya sahip olarak üçüncü sırada yer almaktadır. 2022 yılında toplam kovan sayısı, bir önceki yıla göre %2,9 artış göstermiştir. Bir önceki yıl ile kıyaslandığında ise kovan sayıları Muğla’da %6,9 azalırken; Ordu’da %0,9, Adana’da %2,6 oranında artmıştır (Burucu,2023). Arıcılık sektöründe 2018 yılından 2022 yılına kadar Türkiye genelinde istikrarlı



ve büyüme odaklı bir seyir izlenmiştir. Pandemi sonrası dönemde ise bazı bölgelerde kovan sayılarında azalma görülmüştür. Örneğin, Muğla'da kovan sayısı 2020 yılında bir önceki yıla kıyasla azalmıştır. Bu azalma, pandeminin getirdiği kısıtlamalar ve zorluklar nedeniyle lojistik, iş gücü ve malzeme tedarikinde yaşanan sorunlarla ilişkilendirilebilir. Adana, Mersin, İzmir gibi bazı illerde de 2020 yılında kovan sayılarında bir önceki yıla kıyasla yükseliş gözlenmiştir. Bu yükseliş, pandemiye rağmen bazı bölgelerde arıcıların faaliyetlerini sürdürebildiklerini ve hatta genişletebildiklerini göstermektedir.

Türkiye genelinde toplam kovan sayısında bazı illerde artış bazı illerde azalış görülmüş olması, pandeminin arıcılık sektörü üzerindeki etkilerinin bölgesel farklılıklar gösterdiğini ve bazı bölgelerde daha az etkili olduğunu göstermektedir (Tablo. 8).

Tablo 8. Türkiye illere göre arılı kovan varlığı (adet)

İl	2018	2019	2020	2021	2022
Muğla	935.463	918.116	900.583	949.267	884.096
Ordu	568.547	573.358	573.375	604.213	609.427
Adana	461.987	469.938	481.557	481.878	494.432
Mersin	267.251	282.749	290.795	303.120	347.045
İzmir	232.009	244.519	273.949	276.918	287.179
Sivas	239.575	243.673	256.374	269.709	287.104
Aydın	281.060	274.826	257.738	253.606	245.941
Antalya	230.323	217.705	216.423	335.686	244.655
Bitlis	155.899	168.888	158.976	253.625	207.120
Balıkesir	172.881	170.432	168.952	175.564	180.595
Diğer	4.563.429	4.564.156	4.600.363	4.829.808	5.197.082
Türkiye	8.108.424	8.128.360	8.179.085	8.733.394	8.984.676

Kaynak: TÜİK, 2023 TEPGE hesaplamaları (2023)

### 4.3. Türkiye İllere Göre Bal Üretimi

Türkiye bal üretimi 2022 yılında bir önceki yıla kıyasla %22,8 artarak yaklaşık 118 tona ulaşmıştır. İl bazında incelendiğinde, 2022 yılında Türkiye genelindeki bal üretiminde Ordu %16,1'lik pay ile ilk sırada yer alırken, Adana %10,7'lik oran ile ikinci ve %5,6'lık oran ile Muğla üçüncü sırada yer almaktadır (Tablo 9). 2022 yılında bir önceki yıla oranla üretim miktarı Ordu'da %67,9, Adana'da %2,5, Muğla'da ise %72,2 oranında artmıştır. Türkiye arılı kovan varlığında %9,8'lik pay ile lider olan Muğla'nın üretimde 3.sıraya düşmesinde Ege kıyılarında meydana gelen orman yangınları etkili olmuştur (Burucu,2023).

**Tablo 9.** Türkiye illere göre bal üretimi (ton)

İl	2018	2019	2020	2021	2022
Ordu	16.994	17.057	17.213	11.377	19.098
Adana	10.941	11.077	12.172	12.336	12.646
Muğla	14.777	14.688	6.104	3.820	6.578
Sivas	5.048	5.029	5.471	5.744	6.079
Kocaeli	624	656	561	555	4.726
İzmir	2.777	3.007	1.493	3.056	3.516
Mersin	2.416	2.352	2.150	3.192	3.295
Aydın	4.227	3.693	3.643	3.254	3.143
Erzurum	1.537	1.207	2.160	1.774	2.857
Balıkesir	2.618	2.480	2.657	2.656	2.629
Diğer	45.961	48.082	50.455	48.580	53.731
Türkiye	107.920	109.330	104.077	96.344	118.297

Kaynak: TÜİK, 2023 TEPGE hesaplamaları (2023)

#### 4.4. Türkiye Bal İthalat ve İhracatı

Türkiye, bal dış ticaretinde süzme bal ve petek bal olarak iki ana kategoriye sahiptir. 2022 yılında bal ihracatının %89,5'i süzme bal olarak yapılmıştır. Bal ihracatı, önceki yıla göre %72 artarak 17.248 ton olarak kaydedilmiştir. Ancak, Türkiye'de üretilen balın büyük bir bölümü iç piyasada tüketildiği için 2022'de toplam bal üretiminin sadece %14,6'sı ihraç edilmiştir. Türkiye'nin son beş yıllık bal ithalat miktarları incelendiğinde, 2019'dan 2021'e arttığını ve 2021'de en yüksek ithalat miktarına ulaşarak 63.4 ton olduğu görülmektedir (Burucu,2023). 2020 yılında çıkmış olan Covid-19'a rağmen Türkiye'de toplam bal ithalat ve ihracatında genel anlamda bir artış görülmektedir. Salgın dönemindeki artan sağlık bilinci, dış talepteki artış, ekonomik faktörler, e-ticaretin gelişmesi gibi faktörlerin hepsi bu artışa katkıda bulunmuştur (Burucu, 2023).

**Tablo 10. Yıllara Göre Türkiye Bal İthalat ve İhracat Miktarı**

Yıl	Ürün	İhracat (Kg)	İthalat (Kg)
2018	Tabii bal; petek	1.220.477	22.334
	Tabii bal; süzme	5.197.108	23.680
	Toplam	6.417.585	46.014
2019	Tabii bal; petek	1.698.075	22.672
	Tabii bal; süzme	3.849.606	22.221
	Toplam	5.547.681	44.893
2020	Tabii bal; petek	2.115.285	1.555
	Tabii bal; süzme	3.922.897	47.228
	Toplam	6.038.182	48.783
2021	Tabii bal; petek	2.292.767	27.843
	Tabii bal; süzme	7.752.739	35.557
	Toplam	10.045.506	63.400
2022	Tabii bal; petek	1.813.710	16.467
	Tabii bal; süzme	15.433.808	41.774
	Toplam	17.247.518	58.241

Kaynak: TÜİK, 2023

#### 4.4.1. Türkiye Bal İhracatı

Petek bal ihracatı, diğer kategorilere kıyasla daha düşük seviyelerde seyretmektedir. 2018'den 2022'ye kadar neredeyse sabit kalmış ve hafif bir artış trendi göstermiştir.

Süzme bal ihracatı, 2018'den 2020'ye kadar durağan bir seyir izlerken, 2021 ve 2022 yıllarında belirgin bir artış göstermiştir.

Toplam bal ihracatı, 2018 ve 2019 yıllarında bir düşüş göstermiş, ancak pandeminin başladığı 2020 yılından itibaren güçlü bir artış trendi göstermiştir. 2022 yılında bu artış zirveye ulaşmıştır.

Türkiye'nin bal ihracatında özellikle 2020 yılından itibaren kayda değer bir artış olduğu bilinmektedir (TUIK,2023). Bu artış hem süzme balda hem de toplam ihracatta belirgin olarak gözlenmiştir. Özellikle 2021 ve 2022 yıllarında toplam bal ihracatındaki artış dikkat çekicidir. Bu durum, Türkiye'nin bal üretim ve ihracat kapasitesinin arttığını ya da dış pazar talebinin yükseldiğini göstermektedir.

Türkiye'nin 2022 yılı bal ihracatına bakıldığında, en fazla ihracatın yapıldığı ülkenin ABD olduğu, İspanya ve Almanya'nın ise diğer önemli ihracat yapılan ülkeler arasında yer aldığı görülmektedir (TUIK,2023).

**Tablo 11.** 2022 yılı Türkiye'nin Ülkelere Göre Bal İhracatı Miktarı

Ürün	Ülkeler	İhracat (kg)	Ürün	Ülkeler	İhracat (kg)
T a b i i bal; pe-tek	ABD	732.742	T a b i i bal; süz-me	ABD	6.746.886
	Almanya	373.435		İspanya	2.591.297
	İspanya	273.825		İsrail	972.106
	BAE	75.596		Almanya	883.437
	Kanada	56.354		Polonya	796.412
	Macaristan	43.258		İtalya	623.950
	Japonya	35.205		Bulgaristan	605.029
	Hollanda	33.505		Slovakya	410.419
	Kuveyt	31.141		Bosna-Hersek	160.841
	Diğer	158.649		Diğer	1.643.431
Toplam		1.813.710	Toplam		15.433.808

Kaynak: TÜİK, 2023

## 5. Diğer Arı Ürünleri: Propolis

Propolis, arılar tarafından doğadan toplanan bitki salgıları, polen ve bal mumuyla birleştirilerek üretilen bir arı ürünüdür (Pellati ve ark., 2011).

Propolisin ve bazı bileşenlerinin COVID-19'a karşı çok etkili antiviral aktivite sergilediğine ve hastalığın semptomlarını hafiflettiğine dair güçlü kanıtlar bulunmaktadır (Beretta vd. ,2020); (Refaat vd. ,2021)

Kovanda çeşitli amaçlarla kullanılan propolis, antimikrobiyal, antioksidan ve bir dizi sağlık yararı sağlayan biyolojik bileşikler içerir. Astımı, diş çürüğünü önleyici özelliğinin yanı sıra kadın ve göz hastalıkları gibi birçok alanda biyolojik etkisi araştırılmıştır (Sawicka, 2012).

Bununla birlikte, hassas bireylerde alerjik reaksiyonlara neden olabilen zararlı etkileri de göz ardı edilmemesi gereken bir konudur (Ledon ve ark., 2002).

## 6. Diğer Arı Ürünleri: Polen

Polen, çiçekli bitkilerin erkek üreme birimidir ve döllenmede rol alır (Bogdanov, 2011a).

Polen; protein, vitamin, mineral ve enzim bakımından zengindir (Bogdanov, 2011b).

Ayrıca; antibakteriyel, antifungal, antitümoral, antioksidan, antiaging, antiosteoporozis, antianemi, antidiyaretik, hafıza kuvvetlendirici, probiyotik, rejeneratif, performans arttırıcı, afrodisyak gibi birçok biyolojik etkileri de bulunmaktadır (Bogdanov, 2011a; Aydın ve ark., 2017).

## 7. Diğer Arı Ürünleri: Arı Sütü

Arı sütü, 5-15 günlük işçi arılar tarafından özel salgı bezleri aracılığıyla üretilen bir arıcılık ürünüdür (Viuda-Martos ve ark., 2008). Beyaz krem renginde olup, tereyağı kıvamına sahiptir İçeriğinde temel yağ asitleri, aminoasitler, mineraller, kollajen ve vitaminler bulunur.

Kraliçe arı sadece arı sütü ile beslenirken, işçi arılar yalnızca ömürlerinin belirli bir döneminde arı sütü tüketirler. Bu beslenme farklılıkları, arıların yaşam süresini ve üreme yeteneklerini etkiler.

Arı sütünün içeriğinde bulunan 10-hidroksi dekononik asit, ticari kalitesini belirler (Aydın ve ark., 2017).

Arı sütünün çeşitli biyolojik etkileri vardır, bunlar arasında antibakteriyel, antitümoral, antiaging, antioksidan ve saç uzamasını arttırıcı etkiler yer alır (Viuda-Martos ve ark., 2008).

## 8. Diğer Arı Ürünleri: Arı Zehri

Arı zehri, işçi arılar tarafından zehir bezlerinde üretilir ve zehir torbasında depolanır (Bogdanov, 2011c).

Genellikle lokal ağrı, kızarıklık ve ödem gibi semptomlara neden olurken, arı alerjisi olan kişilerde şokla ölüme yol açabilir (Annala, 2000).

Sağlık açısından etkileri ve kullanım alanları arasında antibakteriyel, antitümoral, antidepresan etkiler bulunur (Bogdanov, 2011c)

## 9. Diğer Arı Ürünleri: Arı Ekmeği

Arı ekmeği, arıların topladıkları poleni kendi enzimleriyle fermente ederek peteklere depolamasıyla elde edilir. Bu süreçte polenin içeriği değişir ve protein miktarı azalırken, laktik asit miktarı artar (Connor ve Muir, 2013). Fermente olan polenin, mineral, vitamin ve fenolik bileşikler

bakımından zengin olduğu bilinmektedir. Arı ekmeği, normal polene göre insan tüketimi açısından daha değerli kabul edilir (Basualdo ve ark., 2014).

Kas gücü ve hacminin artırılması, tansiyon ve kabızlık tedavileri amaçlarıyla da kullanılmaktadır (Aydın ve ark., 2017).

## 10. Sonuç ve Öneriler

COVID-19 pandemisi, birçok sektörü olduğu gibi arıcılık sektörünü de etkilemiştir. Bu dönemde arı ürünlerine olan talepte ve tüketim alışkanlıklarında belirgin değişimler gözlemlenmiştir. Bağışıklık sistemini güçlendirmeye yönelik artan talep, arı ürünlerine olan ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır. Özellikle propolis ve arı sütü gibi antiviral ve antibakteriyel özelliklere sahip ürünlere olan talepte artış gözlemlenmiştir. Tüketiciler artık arı ürünlerini sadece gıda takviyesi olarak değil, aynı zamanda hastalıkları önleme ve tedavi etme amaçlı da kullanmaktadır. Pandemi dönemindeki sokağa çıkma yasakları ve hijyen endişesi sebebiyle online alışverişe yönelim arttı ve hala devam ediyor.

Türkiye genelinde toplam kovan sayısında bazı illerde artış bazı illerde azalış görülmüş olması, pandeminin arıcılık sektörü üzerindeki etkilerinin bölgesel farklılıklar gösterdiğini ve bazı bölgelerde daha az etkili olduğunu göstermektedir (Tablo. 8).

Pandemi sürecinde arıcılık sektörünün devam etmesine rağmen verimliliğin düşmesinin muhtemel nedenleri arasında iş gücü ve lojistik sorunları, malzeme eksiklikleri, çevresel faktörler, arı hastalıkları ve zararlılar, kovan yönetimindeki eksiklikler ve bitki çeşitliliğindeki azalma sayılabilir. Pandeminin doğrudan olmasa bile dolaylı olarak bu faktörleri etkilediği söylenebilir.

Pandemi döneminde bal ve diğer arı ürünlerine (propolis, arı sütü, polen vb.) olan talep artmıştır. Bu artış, sağlık bilincine dair değişimler ve e-ticaretin gelişmesi gibi faktörlere bağlanabilir. Türkiye, pandemi döneminde ithalatta belirgin bir artış yaşanmıştır. Bu artış, salgın dönemindeki artan talep ile ilişkilendirilebilir (Tablo.10).2021 ve 2022 yıllarında bal ihracatındaki önemli artış, pandemi sonrası dönemde Türkiye'nin bal ihracatında yeni fırsatlar yakaladığını göstermektedir (Grafik.4).COVID-19 salgını arıcılık sektöründe bazı zorluklar yaratmış olsa da, aynı zamanda bazı yeni fırsatlar da sunmuştur.

Sektörün verimliliğini artırmak ve tüketimi teşvik etmek için belirtilen adımların atılması önemlidir. Bu sayede arıcılık sektörü daha da gelişerek ülke ekonomisine daha fazla katkı sağlayabilir. Arı ürünlerinin üretim veriminin ve kalitesinin artırılması için modern arıcılık tekniklerinin kullanımı teşvik edilmelidir.Arı ürünlerinin iç pazarda ve dış pazarda tanıtılması, pa-

zarlanması ve gerekli altyapı ve teşvikler sağlanmalıdır. İthalat politikaları sektörün ihtiyaçlarına ve ülke ekonomisine en uygun şekilde belirlenmeli, ihracat politikaları da sektörün rekabet gücünü artırmak ve ihracat potansiyelini değerlendirmek için geliştirilmelidir. Arı ürünlerinin üretim, işleme ve pazarlama teknikleri ile ilgili araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmalıdır. Arıcılık ile ilgili eğitim ve bilinçlendirme çalışmaları yapılmalı, arıcılık faaliyetlerine teşvik edilmelidir. Arıcıların ortaklaşa faaliyet göstermesini ve pazarlama gücünü artırmasını sağlayacak şekilde arıcılık kooperatifleri desteklenmelidir. Arıcılık sektörünün gelişmesi için kamu ve özel sektör arasında iş birliği teşvik edilmelidir. Bal ve diğer arı ürünlerinin sağlık açısından faydaları konusunda tüketicileri bilinçlendirmek ve tüketimi teşvik etmek için kampanyalar düzenlenmelidir. Tarım ilaçlarının bilinçsiz kullanımı önlenmeli ve arı dostu tarım uygulamaları teşvik edilmelidir. Arı ürünlerinin sahteciliğinin ve taklitçiliğinin önlenmesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Arıcılık sektörünün gelişmesi için gerekli adımlar atılmalı ve arıcılara gerekli destekler sağlanmalıdır. Finansal ve teknik destekleme politikalarının geliştirilmesi ve bu politikalar etkin kullanılmalıdır.

## Kaynaklar

- Annala, I. (2000). Bee venom allergy. *Clinical & Experimental Allergy*, 30(12), 1682-1687. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2222.2000.00885.x>
- Aydın L, Doğanay A, Oruç HH, Yeşilbağ K, Bakırcı S, Girişkin O, et al. (2017). Bal Arısı Yetiştiriciliği Ürünleri Hastalıkları. *Dora Basım Yayım Dağıtım 2017*;1. Baskı:155-90.
- Basualdo, M., Barragán, S., & Antúnez, K. (2014). Bee bread increases honeybee haemolymph protein and promote better survival despite of causing higher *Nosema ceranae* abundance in honeybees. *Environmental microbiology reports*, 6(4), 396-400. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.12169>
- Berretta, A.A., Silveira, M.A.D., Condor Capcha, J.M., and De Jong, D. (2020). Propolis and its potential against SARS-CoV-2 infection mechanisms and COVID-19 disease: Running title: Propolis against SARS-CoV-2 infection and COVID-19. *Biomed and Pharmacother*, 131, 110622. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110622>
- Bogdanov, S. (2011a). Pollen: nutrition, functional properties, health: a review. *Bee Product Science*, 1-34. <https://freethebees.ch/wp-content/uploads/2020/06/PollenNutritional.pdf>
- Bogdanov, S. (2011b). Royal jelly, bee brood: composition, health, medicine: a review. *Lipids*, 3(8), 8-19. <https://www.meheshaz-hajduszoboszlo.hu/wp-content/uploads/2015/09/RJBookReview.pdf>
- Bogdanov, S. (2011c). Bee Venom: Composition, health. *Medicine. A review. Bee Prod Sci*, 1- 20.
- Burucu, V. (2020). Arıcılık Ürün Raporu. Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü Tepge. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler>
- Burucu, V. (2021). Arıcılık Ürün Raporu. Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü Tepge.
- Burucu, V. (2022). Arıcılık Ürün Raporu. Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü Tepge
- Burucu, V. (2023). Arıcılık Ürün Raporu. Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü Tepge. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/37/Urun-Raporlari>
- Connor, L.J., Muir, R.G. (2013). Pollen and Bee Bread. *Am Bee J*,153:727-729.
- Crane, E. (1999). *The World History of Beekeeping and Honey Hunting*. Routledge.
- Dadalı, C., Elmacı, Y. (2021). Bee bread and bee pollen. 31st International Scientific-Expert Conference of Agriculture and Food Industry, 27-28 Eylül 2021, İzmir, Türkiye, 124 s. [https://agrifood2021.ege.edu.tr/files/agrifood2021/icerik/congress\\_proceeding\\_book\\_draft.pdf#page=125](https://agrifood2021.ege.edu.tr/files/agrifood2021/icerik/congress_proceeding_book_draft.pdf#page=125)



- DİKA. (2021). TRC3 Bölgesi Yöresel Arı Ürünleri Araştırma Raporu. Mardin: Dicle Kalkınma Ajansı. <https://www.dika.org.tr/assets/upload/dosyalar/trc3-bolgesi-yoresel-ari-urunleri-arastirma-raporu.pdf>
- Erkan, İ. (2020). Consumers' perceptions of unity solidarity and motivation themed advertisements published in the Covid-19 period. *Gaziantep University Journal of Social Sciences 2020 Special Issue*, 585-600. <https://doi.org/10.21547/jss.788085>
- FAO, 2023 Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>, Erişim: 10.04.2023.
- Gallai, Z., Steinhauer, E., Croll, E., Rucker, W., & Böhme, J. (2009). Decline of the bee colony: possible causes and consequences. *Journal of Insect Conservation*, 13(1), 3-8.
- Gençyürek Erdoğan, M. (2020). Covid-19 döneminde e-ticaret ve dijital reklam yatırımları. *Selçuk İletişim Dergisi*, 13(3),1296-1318. <https://hdl.handle.net/20.500.12395/41586>
- Karaağaç, Y., & Bellikci Koyu, E. (2020). Viral enfeksiyonlarda vitaminler ve mineraller: Covid-19 odağında bir derleme. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 5(2),165-173. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ikcusbfd/issue/55773/744346>
- Keskin, S. (2020). Covid -19 salgını sürecinde kısıtlamaların ve endişelerin tüketici davranışına etkileri. *Ahi Evran Akademi*, 1(2), 55-68.
- Klein, A. M., Vaissière, A. C., Steffan-Dewenter, I., & Tscharntke, T. (2007). Widespread pollination services decline: evidence from verifiably identified plants. *Nature*, 447(7145), 857-861.
- Lotfy, M. (2006). Biological activity of bee propolis in health and disease. *Asian Pac J Cancer Prev*, 7(1), 22-31. [https://journal.waocp.org/article\\_24421.html?utm\\_medium=email&utm\\_source=transaction](https://journal.waocp.org/article_24421.html?utm_medium=email&utm_source=transaction)
- Öztürk, F.G., 2013. Ordu İli Arıcılık Sektörünün Ekonomik Yapısı Üzerine Bir Araştırma (Yüksek Lisans Tezi), Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, 50 sayfa, Erzurum.
  - Pellati, F., Orlandini, G., Pinetti, D., & Benvenuti, S. (2011). HPLC-DAD and HPLC-ESI-MS/MS methods for metabolite profiling of propolis extracts. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 55(5), 934-948. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.03.024>
  - Premratanachai P, Chanchao C. Review of the anticancer activities of bee products. *Asian Pac J Trop Biomed* 2014; 4(5): 337-44. <https://doi.org/10.12980/APJTB.4.2014C1262>
  - Refaat, H., Mady, F.M., Sarhan, H.A., Rateb, H.S., and Alaaeldin, E. (2021). Optimization and evaluation of propolis liposomes as a promising therapeutic approach for COVID-19. *International Journal of Pharmaceutics*, 592, 120028. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2020.120028>

- Sawicka, D., Car, H., Borawska, M. H., & Nikliński, J. (2012). The anti-cancer activity of propolis. *Folia Histochemica et Cytobiologica*, 50(1), 25-37.
- Sorucu, A. (2019). Arı Ürünleri ve Apiterapi. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni*, 10(1), 1-15. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/vetfarmatoksbulleten/issue/46276/581453>
- T.C. Sağlık Bakanlığı, 2020. COVID-19 (SARS-CoV-2 Enfeksiyonu) Rehberi.
- TRADE MAP, 2023. Trade statistics for international business development, <https://www.trademap.org>, Erişim: 10.04.2023.
- TÜİK, 20243. Türkiye İstatistik Kurumu, TÜİK <http://www.tuik.gov.tr>, Erişim: 16.05.2023.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández- López, J., & Pérez-Álvarez, J. A. (2008). Functional properties of honey, propolis, and royal jelly. *Journal of food science*, 73(9),R117-R124.

# BÖLÜM 2

## BAHÇE BİTKİLERİ ÜRETİMİNDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK ETKİLERİ VE UYUM ÇALIŞMALARI KAPSAMINDA MODERN BİYOTEKNOLOJİK YAKLAŞIMLAR

*Çağlar KAYA*<sup>1</sup>

*Sibel TAN*<sup>2</sup>

---

1 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü.

ORCID: 0000-0002-7054-3081

2 Prof. Dr. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü.

ORCID: 0000-0002-4733-5874

## 1. GİRİŞ

İklim değişikliği, günümüzde tarımsal üretimi ciddi şekilde etkileyen bir kriz olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilindiği gibi bahçe bitkileri gibi hassas tarımsal ürünler, iklim değişikliği karşısında en savunmasız gruplardan biridir. Sıcaklık artışı, yağış düzenlerinin değişmesi ve aşırı hava olaylarının sıklıklaşması, dünya genelinde bahçe bitkilerinin üretim miktarını ve kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun ekonomik sonuçları, sadece tarım sektörünü değil, gıda güvenliği, ticaret ve kırsal kalkınmayı da tehdit etmektedir. Dünya Bankası'nın 2022 verilerine göre, 2050 yılına kadar iklim değişikliği nedeniyle tarımsal verimde %20'ye varan bir azalma beklenmektedir.

Bahçe bitkileri, yüksek ekonomik değere sahip olmasının yanı sıra gıda güvenliği ve beslenme açısından da kritik öneme sahiptir. Örneğin, meyve ve sebzeler, dünya genelinde sağlıklı beslenmenin temel unsurları arasında yer almakta, vitamin ve mineral kaynağı olarak büyük bir rol oynamaktadır (Slavin ve Lloyd, 2012). Ancak iklim değişikliğinin etkileri, özellikle üretim sürecindeki belirsizlikler ve dalgalanmalar nedeniyle bu ürünlerin erişilebilirliğini zorlaştırmaktadır. İklim değişikliği, yalnızca bir çevre sorunu değil, aynı zamanda tarım ekonomisinin sürdürülebilirliği üzerinde de önemli bir tehdittir.

Bu bölümde, bahçe bitkileri üretiminde iklim değişikliğinin ekonomik etkileri detaylı olarak ele alınacak ve modern biyoteknolojik yaklaşımların bu etkileri nasıl azaltabileceği incelenecektir. Ayrıca, iklim değişikliğine uyum sağlama sürecinde tarımsal uygulamalara entegre edilen biyoteknolojik yenilikler ve gelecek perspektifleri tartışılacaktır.

## 2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BAHÇE BİTKİLERİ ÜRETİMİNE EKONOMİK ETKİLERİ

### 2.1. Küresel Düzeyde Ekonomik Etkiler

İklim değişikliğinin bahçe bitkileri üretimine olan ekonomik etkileri hem küresel hem de yerel düzeyde kendini göstermektedir. Küresel ısınma, artan sıcaklıklar ve değişen yağış desenleri, tarımsal üretimde dalgalanmalara yol açarak arz-talep dengesini bozmakta, dolayısıyla fiyatların yükselmesine neden olmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde bu durum, hem üreticiler hem de tüketiciler üzerinde büyük bir ekonomik yük oluşturmaktadır. Küresel ekonomide bahçe bitkileri, önemli bir ticari mal grubu olup, iklim değişikliğiyle birlikte üretim maliyetlerinin artması ve verim kayıplarının yaşanması ticaret dengesini sarsmaktadır (FAO, 2023).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) raporuna göre, dünya genelinde meyve ve sebze ticareti, iklim değişikliği nedeniyle son on yılda önemli dalgalanmalar göstermiştir. Özellikle, hassas bölgelerde meydana gelen kuraklıklar, ürünlerin üretim maliyetlerini artırmakta ve bu durum da pazarlarda fiyat artışlarına yol açmaktadır. Örneğin, 2021 yılında Hindistan'da yaşanan kuraklık, mango üretiminde %30'luk bir düşüşe yol açarak hem yerel hem de uluslararası pazarlarda fiyatların %40 oranında artmasına neden olmuştur (Cobourn, 2023). Bu tür olaylar, yalnızca ürünlerin piyasadaki arzını etkilemekle kalmayıp, aynı zamanda ekonomik kayıpları da tetiklemektedir.

İklim değişikliğinin bir diğer etkisi ise iş gücü ve tarımsal ekipman maliyetlerinde artışa neden olmasındır. Örneğin, artan sıcaklıklar nedeniyle çiftçiler, daha fazla sulama ve soğutma teknolojilerine yatırım yapmak zorunda kalmaktadır. Bu da özellikle küçük ölçekli çiftçiler için ekonomik olarak sürdürülemez bir yük yaratmaktadır. Ayrıca, iklim değişikliğine bağlı olarak toprak verimliliğinin düşmesi ve zararlı organizmaların artması, bahçe bitkileri üretiminde daha fazla gübre ve pestisit kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bu ise çiftçilerin üretim maliyetlerini daha da artırarak kar marjlarının daralmasına yol açmaktadır (Datta ve ark., 2013).

## 2.2. Yerel Üretici Üzerindeki Etkiler

İklim değişikliğinin yerel üretici üzerindeki etkileri, direkt ve belirgin bir şekilde hissedilmektedir. Yerel üreticiler, küresel piyasalardaki dalgalanmalardan etkilenmekle birlikte, kendi bölgesel iklim değişiklikleriyle de mücadele etmek zorundadır. Özellikle Akdeniz iklim kuşağında yer alan Türkiye gibi ülkelerde, sıcaklık artışları ve yağış miktarındaki değişiklikler, üreticilerin faaliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Türkiye'de yapılan bir araştırmaya göre, 2050 yılına kadar sıcaklık artışlarının meyve ağaçlarının çiçeklenme dönemlerini ileri bir tarihe kaydıracağı ve bu nedenle verim kayıplarının %25'e varacağı öngörülmektedir (Hakorimana, 2018).

Yerel üreticiler için en büyük sorunlardan biri de su kaynaklarının azalmasıdır. Türkiye'de özellikle Ege ve Akdeniz bölgelerinde, son yıllarda su kıtlığı yaşanmakta ve bu durum tarımsal sulama maliyetlerini önemli ölçüde artırmaktadır. Suya erişimde yaşanan zorluklar, üreticileri daha pahalı sulama yöntemlerine yönlendirmekte ve bu durum da hem maliyetleri artırmakta hem de üretimin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir (Aküzüm ve ark., 2010).

Bunun yanı sıra, iklim değişikliği nedeniyle zararlı böcek popülasyonlarında ve bitki hastalıklarında artış görülmektedir. Örneğin, Türkiye'de son yıllarda artan sıcaklıklarla birlikte Akdeniz meyve sineği popülasyonunda hızlı bir artış yaşanmış buna bağlı olarak da özellikle narenciye üre-

timini olumsuz yönde etkilemiştir (TÜBİTAK, 2022). Zararlılarla mücadele maliyetlerinin artması, yerel üreticilerin kar marjlarını daraltmakta ve sürdürülebilir üretim yapabilmelerini zorlaştırmaktadır.

### 2.3. İklim Risklerinin Yönetimi

İklim risklerinin yönetimi, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamak adına kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, üreticilerin iklim değişikliğinin getirdiği belirsizliklerle başa çıkabilmeleri için bir dizi stratejik önlem geliştirilmiştir. Özellikle, iklim değişikliğinin etkilerini öngörmek ve bu etkileri minimize etmek amacıyla tarımsal sigorta sistemlerinin geliştirilmesi önemli bir adımdır. Tarım sigortaları, üreticilerin iklim kaynaklı risklere karşı korunmalarını sağlamakta ve ekonomik kayıplarını en aza indirmektedir (Dünya Bankası, 2023).

Tarımda iklim risk yönetimi sadece finansal araçlarla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda erken uyarı sistemleri ve iklim adaptasyon stratejilerini de içermektedir. İklim tahmin sistemlerinin tarımsal üretim süreçlerine entegre edilmesi, üreticilere olası iklim olayları hakkında önceden bilgi sağlayarak önlemler almalarına olanak tanımaktadır. Örneğin, aşırı yağış veya kuraklık gibi olaylar için geliştirilen erken uyarı sistemleri, çiftçilerin tarımsal faaliyetlerini daha güvenli bir şekilde planlamalarını sağlamaktadır.

Ayrıca, sürdürülebilir tarım uygulamaları da iklim değişikliğine uyum sağlama sürecinde kritik bir rol oynamaktadır. Tarımda sürdürülebilirlik ilkeleri, üreticilerin doğal kaynakları koruyarak uzun vadeli verimliliği artırmalarına yardımcı olurken, aynı zamanda iklim değişikliğine karşı dayanıklılığı artırmaktadır (Faroque ark., 2013). Bu bağlamda, modern biyoteknoloji uygulamaları da üreticilere, iklim değişikliğine uyum sağlama konusunda yeni fırsatlar sunmaktadır.

## 3. MODERN BİYOTEKNOLOJİK YAKLAŞIMLAR VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELE

İklim değişikliğinin bahçe bitkileri üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmada biyoteknolojik yaklaşımlar önemli bir çözüm sunmaktadır. Özellikle bitki ıslahı, genetik mühendislik, biyoinformatik ve moleküler biyoteknolojideki yenilikler, tarım sektöründe devrim yaratmaktadır. Modern biyoteknoloji, bitkilerin çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılığını artırarak, daha az su ve gübre gereksinimi olan, zararlılara karşı daha dirençli bitki çeşitlerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

### 3.1. Genetik İslah ve CRISPR Teknolojisi

Genetik ıslah çalışmaları, tarımda uzun süredir kullanılan bir yöntem olmakla birlikte, biyoteknolojinin gelişimi ile daha hassas ve etkili hale gelmiştir. Özellikle CRISPR-Cas9 gibi genom düzenleme teknolojileri, istenen özelliklerin bitkilere kazandırılmasında devrim niteliğinde bir yenilik sunmaktadır. CRISPR teknolojisi, bitkilerin genomuna nokta atışı müdahaleler yaparak, çevresel strese dayanıklılık, hastalıklara direnç ve verim artışı gibi özelliklerin genetik temelde iyileştirilmesine olanak tanımaktadır (Jinek ve ark., 2012).

Örneğin, kuraklık stresine dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi, iklim değişikliğinin en ciddi etkilerinden biri olan su kıtlığına karşı etkili bir fırsattır. CRISPR ile düzenlenmiş mısır ve buğday gibi tahıl bitkilerinde su kullanım etkinliğinin artırılması hedeflenmiştir (Ran ve ark., 2013). Benzer şekilde, domates ve patates gibi bahçe bitkileri üzerinde de su stresi altındaki verimliliği artırmak amacıyla CRISPR teknolojisi kullanılmaktadır.

### 3.2. Isıya ve Kuraklığa Dayanıklı Bitkilerin Geliştirilmesi

Bahçe bitkileri üretiminde iklim değişikliğinin etkileri arasında en ciddi olanlardan biri de sıcaklık artışıdır. Artan sıcaklıklar, bitkilerin fotosentez yapma kapasitesini olumsuz etkileyerek verim kaybına neden olmaktadır. Bu durumun önüne geçmek için biyoteknoloji, sıcaklık stresine dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Bitki biyoteknolojisinde, ısı stresine dayanıklı bitki çeşitleri geliştirmek için moleküler markır destekli seleksiyon teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler, belirli genetik işaretleyiciler kullanarak, bitkilerin ısıya karşı dayanıklılığını artıran genetik varyasyonları tespit etmeyi ve bu genleri içeren bitkileri seçmeyi kolaylaştırmaktadır (Hoshikawa ve ark., 2021). Örneğin, domates, biber ve salatalık gibi sıcaklık stresine hassas bitkilerde, biyoteknoloji sayesinde dayanıklı çeşitler geliştirilmiş ve bu sayede verimlilik artırılmıştır.

### 3.3. Moleküler Markır Destekli İslah

Moleküler markır destekli ıslah, biyoteknolojinin tarımsal uygulamalarda kullanılmasına yönelik önemli bir yaklaşımdır. Bu teknoloji, bitkilerin genetik yapısındaki belirli DNA dizilerini izleyerek, istenen özelliklere sahip bireyleri hızlı ve etkin bir şekilde seçmeyi sağlamaktadır. Böylece, iklim değişikliğinin etkileriyle başa çıkabilecek bitki çeşitlerinin geliştirilmesi hızlanmaktadır.

Özellikle tuz ve kuraklık stresine dayanıklı bitkilerin geliştirilmesi bu teknoloji sayesinde büyük ilerlemeler kaydetmiştir. Tarımsal üretimde önemli bir yere sahip olan zeytin ve üzüm gibi bitkilerde, moleküler mar-kırlar sayesinde kuraklığa dayanıklı genotiplerin ıslahı başarıyla gerçek-leştirilmiştir. Bu yöntem, klasik ıslah yöntemlerine kıyasla çok daha hızlı sonuçlar vermekte ve genetik kaynakların etkin şekilde kullanımına olanak tanımaktadır (Collard ve Mackill, 2008).

### 3.4. Biyoinformatik ve İklim Adaptasyonu

Biyoinformatik, modern biyoteknolojik yaklaşımlar içinde büyük önem taşımaktadır. Genetik veri analizi, iklim değişikliğine uyum sağla-yabilecek bitkilerin belirlenmesi ve bu bitkilerin özelliklerinin optimize edilmesi açısından büyük fırsatlar sunmaktadır. Biyoinformatik araçlar, genetik varyasyonları analiz ederek, bitkilerin hangi çevresel koşullara karşı daha dayanıklı olduğunu tahmin edebilmekte ve bu bilgi, bitki ıslahı çalışmalarına entegre edilmektedir (Bai ve ark., 2022).

Örneğin, gen ekspresyon profillemeye teknikleri ile bitkilerin farklı stres koşullarına verdiği tepkiler analiz edilmekte ve dayanıklılığı artıracak genler tespit edilmektedir. Bu sayede, meyve ve sebze üreticileri, sıcaklık ve su kıtlığı gibi iklim değişikliği kaynaklı stres faktörlerine karşı daha dayanıklı çeşitler geliştirebilmektedir.

### 3.5. Doku Kültürü ve İklim Değişikliğine Dayanıklı Çeşitler

Doku kültürü teknolojisi, bitki biyoteknolojisinin önemli bir uygulama alanıdır. Bu teknik, bitki genotiplerinin laboratuvar ortamında hızlı ve büyük ölçekli çoğaltılmasını sağlar. Özellikle, nadir veya iklim değişikliği nedeniyle nesli tükenme tehlikesiyle karşı karşıya kalan bitkilerin korun-ması ve üretiminin sürdürülebilir kılınması amacıyla doku kültürü önemli bir rol oynamaktadır.

Doku kültürü ile geliştirilen bitkiler, genetik olarak belirlenen daya-nıklılık özelliklerine sahip olabilir ve farklı stres koşullarına daha iyi uyum sağlayabilir. Örneğin, muz ve orkide gibi bitkilerin doku kültürü ile çoğal-tılması sayesinde hem iklim değişikliğine dayanıklı hem de üretimi hızlı bir şekilde yapılabilen çeşitler geliştirilmiştir (George ve ark., 2008).

## 4. BİYOTEKNOLOJİK YAKLAŞIMLAR İLE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM STRATEJİLERİ

Biyoteknolojik yenilikler, sadece tarımsal üretimde verim artışını sağ-lamakla kalmamakta, aynı zamanda iklim değişikliğine uyum sürecinde de



stratejik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında geliştirilen biyoteknolojik stratejiler aşağıda verilen konu başlıkları altında detaylandırılmıştır.

#### 4.1. İklim Akıllı Tarım Uygulamaları

İklim akıllı tarım, sürdürülebilir tarım uygulamaları ile iklim değişikliğine karşı dayanıklılık sağlayan teknolojilerin entegre edilmesi anlamına gelmektedir. Biyoteknoloji disiplini, bu tür tarımsal uygulamaların merkezinde yer almakta ve üretim süreçlerini optimize etmektedir. İklim akıllı tarım uygulamaları, çiftçilere üretim sürecindeki iklim kaynaklı riskleri en aza indirmelerine yardımcı olacak karar destek sistemleri sunmaktadır (FAO, 2021).

Bu stratejiler arasında, sıcaklık ve nem sensörlerinin entegre edildiği biyoteknolojik sistemler, bitkilerin ihtiyaçlarına göre otomatik olarak su ve besin desteği sağlamaktadır. Bu teknolojiler, iklim değişikliğinin yarattığı stres faktörlerini azaltarak verimliliği artırmakta ve kaynakların daha etkin kullanılmasına olanak tanımaktadır.

#### 4.2. Sürdürülebilir Tarımsal Biyoteknoloji

Sürdürülebilir tarımsal biyoteknoloji uygulamaları, üreticilere daha az kaynak kullanarak daha fazla ürün elde etme fırsatı sunmaktadır. Biyoteknoloji sayesinde, bitkilerin büyüme süreçleri hızlandırılabilir, zararlılara karşı direnci artırılabilir ve çevresel etkiler minimize edilebilmektedir. Özellikle, düşük maliyetli ve çevre dostu biyoteknolojik çözümler, iklim değişikliği ile mücadelede etkin bir rol oynamaktadır (Altieri ve Nicholls, 2005).

#### 4.3. Biyoteknoloji ile Zararlılara Karşı Dayanıklılık Artırımı

İklim değişikliği, tarımsal zararlıların popülasyonlarını ve yayılımlarını da etkilemektedir. Sıcaklık artışları ve değişen hava koşulları, birçok zararlının üreme dönemlerini uzatmakta ve yayılma hızlarını artırmaktadır. Zararlılara karşı dayanıklı bitkilerin geliştirilmesi, iklim değişikliğine uyum sürecinde kritik bir adım olarak değerlendirilmektedir.

Geleneksel yöntemlerle zararlılara karşı koruma sağlamak amacıyla pestisitler yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ancak, aşırı pestisit kullanımı hem çevresel hem de ekonomik olarak sürdürülebilir değildir. Biyoteknolojik yaklaşımlar, bitkilerin doğal bağışıklık sistemlerini güçlendirmeyi ve zararlılara karşı dirençli genetik özellikler kazandırmayı hedeflemektedir. Örneğin, *Bacillus thuringiensis* (Bt) geninin eklenmesiyle geliştirilen bit-

kiler, zararlılara karşı kendi biyolojik savunma mekanizmalarını üretmektedir. Bt teknolojisi, mısır, pamuk ve domates gibi birçok bitkide başarılı sonuçlar vermiş ve pestisit kullanımını büyük ölçüde azaltmıştır (James, 2009).

Bu tür biyoteknolojik müdahaleler, zararlılara karşı dayanıklılığı artırarak üretimde verim kayıplarını azaltmakta ve iklim değişikliğinin tetiklediği zararlı popülasyonlarıyla mücadelede önemli bir rol oynamaktadır.

#### 4.4. Genetik Modifikasyon ile Stres Yönetimi

Genetik modifikasyon (GM) teknikleri, biyoteknolojinin iklim değişikliği ile mücadelede sunduğu önemli araçlardan biridir. Özellikle aşırı sıcaklık, su stresi, tuzlu topraklar ve besin yetersizlikleri gibi çevresel stres faktörleri, bitkilerin büyüme ve verimlilik kapasitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Genetik olarak modifiye edilmiş bitkiler, bu stres faktörlerine karşı daha dayanıklı hale getirilerek, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini sağlamaktadır.

Birçok meyve ve sebze türü, genetik modifikasyon teknolojileri kullanılarak tuzlu topraklarda daha verimli şekilde yetiştirilebilmekte veya kuraklık dönemlerinde daha az su ile daha yüksek verim elde edilebilmektedir. Örneğin, GM teknolojisi ile kuraklığa dayanıklı buğday ve mısır çeşitleri geliştirilmiş ve bu bitkiler, su kısıtlılığı olan bölgelerde başarılı sonuçlar vermiştir (Kumar ve ark., 2018). Benzer çalışmalar, meyve ağaçları ve diğer bahçe bitkileri üzerinde de uygulanmakta olup, özellikle ısı ve su stresine dayanıklı elma, kayısı ve kiraz çeşitleri üzerine yoğunlaşmıştır.

#### 4.5. İklim Değişikliğine Uyum Sağlayan Toprak Mikrobiyomu Uygulamaları

Toprak mikrobiyomları, bitki büyümesi, besin alımı ve stres yönetimi açısından kritik öneme sahiptir. Modern biyoteknoloji, toprak mikrobiyomunu iyileştirerek, bitkilerin iklim değişikliğinin yarattığı zorlu koşullara uyum sağlamasını kolaylaştırabilir. Mikrobiyom teknolojisi ile toprakta doğal olarak bulunan faydalı mikroorganizmalar artırılmakta ve bu mikroorganizmaların bitkilerin kök sistemlerine entegrasyonu sağlanarak, bitkilerin stres toleransı artırılmaktadır.

Örneğin, *Rhizobium* ve *Mycorrhiza* türleri, bitkilerle simbiyotik ilişki kurarak, özellikle kurak ve tuzlu topraklarda bitkilerin su ve besin alımını artırmaktadır. Bu tür biyoteknolojik uygulamalar, tarımsal sürdürülebilirliği güçlendirerek, verim kayıplarını minimuma indirmekte ve çevresel koşullara uyum sağlayan bir üretim modelini desteklemektedir (Smith ve Read, 2010).

#### 4.6. Tarımsal Üretimde Dijital Biyoteknoloji ve Veri Analitiği

Modern biyoteknolojik yaklaşımlar, dijital teknolojiler ile entegre edilerek daha verimli hale getirilmektedir. Tarımda veri analitiği ve sensör tabanlı sistemler, üreticilerin iklim değişikliği ile başa çıkmalarına yardımcı olacak yeni stratejiler sunmaktadır. Bitkilerin su, besin ve ışık ihtiyaçlarını sürekli izleyen sensörler, çiftçilere gerçek zamanlı veri sağlayarak, üretim süreçlerinin optimize edilmesine olanak tanmaktadır. Bu sayede, iklim değişikliğine bağlı ani hava değişimlerine ve çevresel stres faktörlerine karşı önleyici tedbirler alınabilir.

Veri tabanlı biyoteknoloji uygulamaları, tarımda iklim akıllı üretim stratejileri oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır. Örneğin, büyük veri analitiği ve makine öğrenimi algoritmaları, bitki büyüme modellerini analiz ederek, üreticilere hangi çeşitlerin hangi çevresel koşullara daha uygun olduğunu gösterebilir. Bu, üretim süreçlerini daha sürdürülebilir hale getirir ve iklim değişikliğinin etkilerine karşı proaktif çözümler sunmaktadır (Linaza ve ark., 2021).

### 5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELEDE BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARIN GELECEĞİ

İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkileri her geçen yıl daha fazla hissedilmektedir. Bu durum, biyoteknolojik çözümlerin daha geniş çapta benimsenmesini ve uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Gelecekte, biyoteknolojinin tarımsal üretimde daha yaygın bir şekilde kullanılmasıyla, iklim değişikliğine uyum sağlama kapasitemiz de artacaktır.

Önümüzdeki yıllarda, biyoteknoloji alanındaki gelişmelerin hızlanması beklenmektedir. Gen düzenleme teknolojilerindeki ilerlemeler, bitkilerin çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılığını artırmakla kalmayacak, aynı zamanda bu tür bitkilerin üretim maliyetlerini de düşürecektir. Ayrıca, biyoinformatik ve yapay zeka destekli analizlerin kullanımıyla, daha geniş bir bitki türü yelpazesi üzerinde çalışmalar yapılacak ve daha verimli çeşitler geliştirilecektir.

### 6. MODERN BİYOTEKNOLOJİ İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE DİRENÇLİ ÇEŞİTLER

Biyoteknoloji, sürdürülebilir tarım uygulamalarında kritik bir rol oynayarak hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli katkılar sağlamaktadır. İklim değişikliği ile mücadelede biyoteknolojinin sağladığı en önemli avantajlardan biri, çevreye duyarlı tarım tekniklerini geliştirmek ve daha az doğal kaynak kullanarak üretimi optimize etmektir.

### 6.1. Azot Sabitleyen Bitkiler ve Gübre Kullanımının Azaltılması

Azot, bitkiler için temel besin elementlerinden biridir ve tarımsal verimi artırmak amacıyla gübreleme yoluyla toprağa eklenmektedir. Ancak, aşırı gübre kullanımı, hem çevre kirliliğine yol açar hem de ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Biyoteknoloji, azot sabitleyici mikroorganizmalarla işbirliği yapabilen bitki çeşitlerinin geliştirilmesi yoluyla gübre kullanımını azaltma potansiyeline sahiptir.

Bazı baklagiller, köklerinde simbiyotik olarak yaşayan *Rhizobium* bakterileri sayesinde atmosferdeki azotu sabitleyerek kendi besin ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir. Modern biyoteknolojik yaklaşımlar, bu mekanizmayı başka bitkilere de transfer etmeye çalışarak, özellikle tahıl ve sebze bitkilerinde azot kullanım etkinliğini artırmayı amaçlamaktadır (Oldroyd ve Dixon, 2014). Bu şekilde hem gübre kullanımından doğan maliyetler azalmakta hem de azot kirliliği gibi çevresel etkiler en aza indirilmektedir.

### 6.2. Karbon Ayak İzi Azaltımı ve Biyoyakıt Üretimi

İklim değişikliği ile mücadelede, tarımsal üretim süreçlerinin karbon ayak izini azaltmak kritik bir öneme sahiptir. Biyoteknoloji, bu konuda da çözüm sunarak tarımın karbon salımını minimuma indiren yöntemler geliştirmektedir. Biyoyakıt üretimi bu alandaki önemli uygulamalardan biridir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyoyakıtlar, tarımsal atıklar ve biyokütle kullanılarak üretilmekte ve fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmaktadır.

Biyoteknolojik süreçlerle biyoyakıt verimliliği artırılarak, daha düşük maliyetli ve çevre dostu enerji kaynaklarına ulaşılabilir. Özellikle mısır, soya ve şeker kamışı gibi bitkilerin biyoyakıt üretiminde kullanılması yaygınlaşmış, hatta genetik mühendislik sayesinde daha yüksek biyoyakıt verimi sağlayan çeşitler geliştirilmiştir (Chisti, 2007). Bu süreç aynı zamanda tarımda atık yönetimi sorununa da çözüm getirmekte, böylece sürdürülebilir bir döngüsel ekonomi modeli oluşturulmaktadır.

### 6.3. Tuzlu Topraklar İçin Biyoteknolojik Çözümler

Tuzluluk, iklim değişikliği ile artan bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Küresel ısınma, deniz seviyesindeki yükselmeye birleşerek tarım alanlarının tuzluluk seviyesini artırmakta ve bitkilerin bu topraklarda verimli şekilde yetişmesini zorlaştırmaktadır. Tuzlu topraklarda yetişen bitki türlerinin sınırlı olması, üreticiler için ciddi bir ekonomik kayıp anlamına gelmektedir. Bu duruma çözüm olarak, biyoteknoloji, tuza dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesini sağlamaktadır.

Özellikle moleküler markır destekli seleksiyon ve genetik mühendislik yöntemleri kullanılarak, bitkilerin tuz stresine karşı dayanıklılığı artırılmaktadır. Halofit (tuz seven) bitkilerin genetik özellikleri incelenerek, diğer kültür bitkilerine aktarılmakta ve bu sayede daha geniş bir bitki türü yelpazesi tuzlu topraklarda yetiştirilebilmektedir. Örneğin, pamuk ve pirinç gibi stratejik ürünlerde yapılan biyoteknolojik iyileştirmelerle, tuzlu topraklarda yüksek verim elde edilmiştir (Munns ve Tester, 2008).

#### **6.4. Biyoteknolojik Gübreler ve Mikrobiyal Biyogübreler**

Kimyasal gübrelerin aşırı kullanımı, toprak sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta ve çevre kirliliğine yol açmaktadır. Biyoteknolojik gübreler, toprak sağlığını iyileştirmeye ve çevreyi korumaya yönelik sürdürülebilir çözümler sunmaktadır. Mikrobiyal biyogübreler, toprakta bulunan faydalı mikroorganizmaları artırarak, bitkilerin besin alımını iyileştirir ve toprağın biyolojik dengesini korumaktadır.

Mikrobiyal biyogübrelerin kullanımı, azot ve fosfor gibi besin elementlerinin daha etkin şekilde kullanılmasını sağlar. Ayrıca, biyoteknolojik çalışmalar bu mikroorganizmaların daha verimli çalışmasını sağlayacak formülasyonlar geliştirmektedir. Bu sayede hem kimyasal gübre kullanımına duyulan ihtiyaç azalmakta hem de bitkilerin beslenme süreçleri optimize edilmektedir (Adesemoye ve Kloepper, 2009).

#### **6.5. Biyoteknolojik Tohum Kaplama ve Verim Artışı**

Biyoteknolojik tohum kaplama yöntemleri, bitkilerin büyüme dönemlerinde karşılaştıkları çevresel stres faktörlerine karşı daha dayanıklı olmalarını sağlamaktadır. Tohum kaplama işlemi, bitki büyümesini destekleyen mikroorganizmalar, biyogübreler ve koruyucu bileşiklerle yapılmaktadır. Bu yöntemle, bitkilerin kök gelişimi hızlanmakta, su ve besin alımı artmakta ve bitkiler çevresel streslere karşı daha dirençli hale gelmektedir.

Özellikle kurak ve tuzlu topraklarda bu teknik, tarımsal verimliliği artırmak için sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca biyoteknolojik kaplama malzemeleri, bitkilerin tohum çimlenme oranlarını artırmakta ve genç fidelerin hayatta kalma şansını yükseltmektedir. Bu durum özellikle iklim değişikliğinin tetiklediği kuraklık ve su kıtlığı koşullarında önemli bir avantaj sağlamaktadır (Paravar ve ark., 2023).

## **7. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE KARŞI TARIMSAL UYUM STRATEJİLERİNİN UYGULANMASI**

Biyoteknolojik çözümler, yalnızca bilimsel araştırmalarla sınırlı kalmamalı, aynı zamanda tarımsal uygulamalara entegre edilmelidir. Bu noktada, biyoteknolojik ürünlerin kullanımının teşvik edilmesi ve üreticilerin bu yenilikçi yöntemlere erişimlerinin artırılması gerekmektedir. Hükümetler, biyoteknolojik tarım uygulamalarını desteklemek için uygun teşvik programları ve yasal düzenlemeler geliştirmelidir.

### **7.1. Eğitim ve Farkındalık Artırma Programları**

Biyoteknolojik yeniliklerin tarımsal üretimde yaygın bir şekilde kullanılması, çiftçilerin bu teknolojilere erişimini ve bilgi birikimini artırmakla mümkündür. Eğitim ve farkındalık artırma programları, üreticilere biyoteknolojinin tarımsal üretimde nasıl kullanılabileceği, iklim değişikliğine uyum sağlama süreçlerinde hangi stratejilerin uygulanabileceği konusunda rehberlik etmelidir. Özellikle kooperatifler, çiftçi birlikleri ve tarım danışmanları aracılığıyla biyoteknolojik çözümler hakkında eğitimler verilmeli ve çiftçilerin bu teknolojilerden en iyi şekilde faydalanması sağlanmalıdır (Miller, 2004).

### **7.2. Tarımsal Araştırmaların ve Ar-Ge Çalışmalarının Desteklenmesi**

İklim değişikliği ile mücadelede biyoteknolojik araştırmaların artırılması, tarımsal Ar-Ge faaliyetlerine yapılan yatırımlarla mümkün olacaktır. Özellikle kuraklığa, tuzluluğa ve hastalıklara dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi için gerekli finansal ve teknik destek sağlanmalıdır. Kamu ve özel sektör işbirlikleri, biyoteknolojik yeniliklerin tarıma uygulanabilirliğini artıracak projelerin önünü açmaktadır. Aynı zamanda, uluslararası araştırma konsorsiyumları aracılığıyla genetik çeşitlilik, toprak mikrobiyomu ve stres toleransı üzerine yapılan çalışmalar desteklenmeli ve bu alanlardaki bilimsel ilerlemeler hızlandırılmalıdır (Shimokawa, 2016).

### **7.3. Biyoteknoloji Tabanlı Politika ve Teşvik Programları**

Tarımda biyoteknoloji uygulamalarının yaygınlaşması, politika yapıcılar tarafından teşvik edilmeli ve bu alanda yenilikçi uygulamaları destekleyici yasal düzenlemeler geliştirilmelidir. Tarımsal biyoteknolojinin iklim değişikliğine uyum sağlamadaki potansiyelini kullanmak için kamu politikalarının, çiftçilere ve tarım işletmelerine yönelik teşvikler sunması gerekmektedir.

Biyoteknoloji tabanlı teşvik programları, özellikle iklim değişikliğinin tarım üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik projelere finansal destek sağlayabilir. Bu tür teşvikler, düşük gelirli çiftçilerin biyoteknolojiye erişimini kolaylaştırarak, üretim süreçlerinin modernleşmesine katkıda bulunur. Ayrıca, biyoteknoloji alanındaki yenilikçi ürün ve süreçlerin yaygınlaştırılması için hükümetler, özel sektörle işbirliği içinde Ar-Ge yatırımlarını artırmalıdır (Byerlee ve ark., 2009).

#### **7.4. Küresel İklim Değişikliğiyle Mücadelede Uluslararası İşbirliği ve Teknoloji Transferi**

İklim değişikliği küresel bir sorun olduğu için, biyoteknolojik çözümler de uluslararası işbirliği yoluyla güçlendirilmelidir. Farklı iklim ve coğrafi koşullarda tarımsal biyoteknoloji uygulamalarını test etmek, bu teknolojilerin etkinliğini artıracak ve daha geniş bir yelpazede çözüm sunulmasını sağlayacaktır.

Uluslararası araştırma kuruluşları ve tarımsal bilim enstitüleri, bilgi ve teknoloji paylaşımı yoluyla tarımsal üretimi artırmaya yönelik biyoteknolojik projelerde işbirliği yapmalıdır. Özellikle genetik kaynakların korunması ve biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi konusunda yapılan uluslararası çalışmalar, iklim değişikliğine uyum sürecinde kritik bir rol oynamaktadır. Teknoloji transferi programları ise, gelişmekte olan ülkelerin biyoteknolojik inovasyonlara erişimini kolaylaştırmakta ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını desteklemektedir (Pingali, 2012).

#### **7.5. İklim Değişikliğine Dayanıklı Bitki Çeşitlerinin Lisanslama ve Dağıtım Politikaları**

İklim değişikliğine karşı dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi önemli bir adım olmakla birlikte, bu çeşitlerin yaygın olarak kullanılması için uygun dağıtım ve lisanslama politikalarının uygulanması gerekmektedir. Özellikle genetik mühendislik teknikleri kullanılarak geliştirilen dayanıklı bitki çeşitleri, küçük ölçekli çiftçilere de ulaşmalı ve bu çiftçilerin biyoteknoloji ürünlerine erişimi sağlanmalıdır.

Lisanslama politikaları, tarımsal biyoteknoloji ürünlerinin daha adil bir şekilde dağıtılmasını hedeflemelidir. Ayrıca, biyoteknoloji ürünlerinin patentleme süreçlerinde yerel üreticilerin hakları korunmalı ve biyolojik çeşitliliği koruma amaçlı yasalar uygulanmalıdır. Bu politikalar, iklim değişikliğine karşı dirençli tarımsal üretim modellerinin yaygınlaştırılmasında önemli bir etkiye sahip olacaktır (Wright ve Pardey, 2006).

## **8. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYARLANMIŞ BİYOTEKNOLOJİ ÜRÜNLERİNİN EKONOMİK KATKILARI**

Biyoteknolojinin tarımda kullanılması, ekonomik açıdan da büyük faydalar sağlamaktadır. Özellikle iklim değişikliğine uyum sağlayabilen ve çevresel streslere karşı dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi, üretim kayıplarını azaltmakta ve çiftçilere sürdürülebilir gelir sağlamaktadır. Aynı zamanda biyoteknolojik yenilikler, daha az kaynakla daha fazla üretim yapılmasına olanak tanıyarak tarımsal verimliliği artırmaktadır.

### **8.1. Üretim Maliyetlerinin Azaltılması ve Verim Artışı**

Biyoteknolojik ürünlerin kullanımı, geleneksel tarım yöntemlerine kıyasla üretim maliyetlerini önemli ölçüde azaltabilir. Örneğin, zararlılara karşı dayanıklı genetik olarak modifiye edilmiş bitkiler, pestisit kullanımını azaltmakta ve böylece hem maliyetleri düşürmekte hem de çevreyi korumaktadır. Ayrıca, su ve besin kaynaklarının daha verimli kullanılması sayesinde, çiftçiler daha az girdi ile daha yüksek verim elde edebilmektedir (Pray ve ark., 2005).

Kuraklığa dayanıklı bitki çeşitleri, su kıtlığı olan bölgelerde su tasarrufu sağlamak ve bu bölgelerde üretim sürdürülebilirliğini artırmaktadır. Aynı şekilde, tuzlu topraklara uyum sağlayan biyoteknolojik bitki çeşitleri, bu topraklarda üretimi mümkün kılarak tarım alanlarının genişletilmesine katkıda bulunmaktadır.

### **8.2. Ürün Kalitesinin İyileştirilmesi ve Ticari Değer Artışı**

Biyoteknolojik yöntemler, sadece verim artışına katkı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda ürün kalitesini de iyileştirmektedir. Örneğin, bazı genetik modifikasyonlarla bitkilerin besin içeriği artırılmakta veya dayanıklılığı artırılarak daha uzun süre raf ömrü sağlanmaktadır. Bu durum, ürünlerin ticari değerini artırmakta ve üreticilere daha yüksek gelir imkanı sunmaktadır.

Özellikle besin değeri yüksek biyoteknolojik bitkilerin geliştirilmesi, pazarlarda rekabet gücünü artırmakta ve gıda güvenliğine de katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, ihracat potansiyeli yüksek ürünlerin biyoteknoloji ile geliştirilmesi, ülkelerin tarımsal ticaret hacmini artırarak ekonomik büyümeye katkıda bulunmaktadır (Qaim, 2009).



### 8.3. Sosyo-Ekonomik Etkiler ve Kırsal Kalkınma

Biyoteknoloji, yalnızca üretim verimliliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda kırsal kalkınmayı teşvik etmektedir. İklim değişikliğine dayanıklı bitkilerin geliştirilmesi ve bu teknolojilerin yaygınlaştırılması, küçük ölçekli çiftçilerin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı korunmasına yardımcı olmaktadır. Daha dayanıklı ve yüksek verimli ürünler, çiftçilerin gelir seviyesini artırarak kırsal ekonomilerin güçlenmesine katkıda bulunmaktadır (Zilberman ve ark., 2010).

Ayrıca, biyoteknoloji alanında gerçekleştirilen yenilikçi uygulamalar, kırsal bölgelerde yeni istihdam olanakları doğmaktadır. Örneğin, biyoteknoloji firmalarının ve araştırma merkezlerinin kırsal alanlarda faaliyet göstermesi, bu bölgelerdeki ekonomik canlılığı artırmakta ve genç nüfusun tarım sektöründe kalmasını teşvik etmektedir.

## 9. BÖLGESEL EKONOMİK ETKİLER VE BİYOTEKNOLOJİK ÇÖZÜMLER

İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkileri, coğrafi bölgeler arasında önemli farklılıklar göstermektedir. Bazı bölgeler daha kuraklık ve su kıtlığı ile mücadele ederken, diğer bölgeler aşırı yağış ve sel gibi sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu farklılıklar, bölgesel ekonomik etkileri de beraberinde getirmektedir ve tarım sektöründe faaliyet gösteren küçük ve orta ölçekli işletmeler, bu olumsuzluklardan en çok etkilenen kesimdir.

Biyoteknolojik çözümler, bölgesel özelliklere uygun stratejiler geliştirerek iklim değişikliğinin bu etkilerini azaltma potansiyeline sahiptir.

### 9.1. Kurak Bölgelerde Biyoteknolojik Uygulamalar ve Ekonomik Katkıları

Kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretim, su kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle büyük zorluklarla karşı karşıyadır. Bu tür bölgelerde biyoteknolojik çözümler, kuraklığa dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi ve su kullanım verimliliğini artıran tarımsal uygulamaları içermektedir. Kuraklığa dayanıklı genetik olarak modifiye edilmiş mısır ve buğday gibi stratejik ürünler, bu bölgelerde daha yüksek verim elde edilmesine olanak tanımakta ve tarım işletmelerinin ekonomik sürdürülebilirliğini sağlamaktadır (Heinemann ve ark., 2014).

Örneğin, Afrika'nın Sahel bölgesinde kuraklığa dayanıklı bitki çeşitleri ve biyoteknolojik sulama sistemlerinin kullanımı, tarımsal üretimde önemli artışlar sağlamıştır. Bu yenilikler, hem bölgesel gıda güvenliğine

katkıda bulunmuş hem de küçük ölçekli çiftçilerin gelir seviyesini yükselterek yerel ekonomileri canlandırmıştır. Kuraklıkla mücadelede biyoteknolojinin sunduğu çözümler, su kaynaklarının etkin kullanımını sağlamakla kalmamış, aynı zamanda çiftçilerin iklim değişikliğine karşı daha dirençli hale gelmesini mümkün kılmıştır (Simelton ve ark., 2009).

### **9.2. Su Kıtlığı Olan Bölgelerde Biyoteknolojik Sulama Sistemleri**

Su kıtlığı olan bölgelerde, biyoteknoloji ile geliştirilmiş sulama sistemleri, su kullanımını optimize ederek tarımsal verimliliği artırmaktadır. Örneğin, damla sulama gibi teknolojiler biyoteknolojik analizlerle daha hassas hale getirilmiş ve bitkilerin su ihtiyacını en düşük seviyede tutarken maksimum verimi sağlamayı amaçlayan sistemler geliştirilmiştir. Bu tür yenilikler, su kıtlığının yoğun yaşandığı Orta Doğu ve Kuzey Afrika gibi bölgelerde büyük ekonomik katkılar sağlamıştır (Pereira ve ark., 2009).

Bu bölgelerde, biyoteknolojik sulama teknikleri sayesinde tarım alanları genişlemiş ve yerel çiftçilerin su maliyetleri düşürülmüştür. Ayrıca, biyoteknoloji ile geliştirilen bu sistemler, su tasarrufu sağlayarak çevresel sürdürülebilirliği artırmış ve tarımda daha az su kullanarak daha fazla ürün elde edilmesini sağlamıştır.

### **9.3. Yüksek Tuzluluk Sorunu Yaşayan Bölgelerde Tarımsal Üretim**

Yüksek tuzluluk oranına sahip topraklar, tarımsal üretim için büyük bir engel teşkil etmektedir. Özellikle kıyı bölgeleri ve aşırı sulanan tarım arazilerinde tuzlanma sorunları yaygınlaşmakta ve bitki gelişimi için elverişli olmayan koşullar oluşmaktadır. Biyoteknoloji, tuzluluğa dayanıklı bitki çeşitleri geliştirerek bu sorunun üstesinden gelmeyi hedeflemektedir. Halofit bitkilerden elde edilen genetik özelliklerin transfer edilmesiyle, tuzlu topraklarda yetişebilen yeni bitki çeşitleri geliştirilmektedir (Flowers ve Colmer, 2008).

Özellikle Hindistan ve Çin gibi geniş tarım alanlarına sahip ülkelerde, biyoteknolojik araştırmalar sonucunda tuza dayanıklı pirinç ve pamuk çeşitleri geliştirilmiş ve bu ürünlerin tarıma kazandırılmasıyla üretim kapasitesi artırılmıştır. Bu yenilikler, çiftçilerin tuzlanma sorunu yaşayan topraklarda ekonomik kayıp yaşamadan üretime devam etmelerini sağlamak ve yerel ekonomilere olumlu katkılar sunmaktadır.

#### 9.4. Aşırı Yağış ve Sel Bölgelerinde Biyoteknolojik Çözümler

Aşırı yağış ve sel olayları, bazı bölgelerde tarımsal üretimi ciddi şekilde etkilemektedir. Özellikle Güney Asya ve Güney Amerika gibi tropikal bölgelerde, tarımsal araziler sık sık sel sularına maruz kalmakta ve bitki kökleri oksijen eksikliği nedeniyle zarar görmektedir. Bu soruna çözüm olarak, biyoteknoloji sel toleransına sahip bitki çeşitleri geliştirmekte ve bu bitkiler aşırı suya maruz kaldıklarında bile hayatta kalabilmektedir (Andrault ve ark., 2012).

Örneğin, Hindistan’da geliştirilen “Sub1A” genine sahip pirinç çeşidi, sel altında 10-14 gün dayanabilen genetik yapıya sahiptir. Bu yenilik, özellikle muson yağmurlarının sık yaşandığı bölgelerde büyük bir ekonomik fayda sağlamış ve çiftçilerin hasat kaybını önlemiştir. Biyoteknolojinin bu tür çözümleri, iklim değişikliğinin neden olduğu aşırı hava olaylarına karşı tarımsal üretimi güvence altına almakta ve bölgesel ekonomilerde istikrar sağlamaktadır.

### 10. BİYOTEKNOLOJİK ÇÖZÜMLERİN TARIMSAL YÖNETİM VE POLİTİKALAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Biyoteknolojik çözümlerin uygulanması yalnızca teknik ve ekonomik değil, aynı zamanda tarımsal yönetim ve politika alanında da önemli değişikliklere yol açmaktadır. Tarımda biyoteknolojinin etkili bir şekilde kullanılabilmesi için uygun yönetim stratejilerinin geliştirilmesi, politikaların belirlenmesi ve bu politikaların uygulama süreçlerinin izlenmesi gerekmektedir.

#### 10.1. Biyoteknolojik Çözümler için Yönetim Stratejileri

Biyoteknolojik çözümlerin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için yönetim stratejileri, tarımsal üretim süreçlerini kapsamlı bir şekilde ele almalıdır. Bu stratejiler, biyoteknolojik ürünlerin geliştirilmesi ve uygulanması süreçlerinde karşılaşılabilecek teknik ve operasyonel zorlukları minimize etmek amacıyla tasarlanmalıdır. Özellikle biyoteknolojiyle üretilen bitki çeşitlerinin ticarileştirilmesi, üretim ve dağıtım süreçlerinde etkin yönetim stratejileri gerektirmektedir.

Yönetim stratejilerinin bir parçası olarak, çiftçilerin biyoteknolojik ürünlerin avantajları hakkında bilgilendirilmesi ve eğitimlerin düzenlenmesi önemlidir. Eğitim programları, çiftçilere biyoteknolojik ürünlerin kullanımı, potansiyel faydaları ve riskleri hakkında bilgi sağlamalıdır. Ayrıca, biyoteknolojik ürünlerin sürdürülebilir bir şekilde uygulanabilmesi için tarımsal danışmanlık hizmetlerinin artırılması ve teknik destek sağlanması gerekmektedir.

## 10.2. Tarımsal Politikalarda Biyoteknolojinin Rolü

Tarım politikaları, biyoteknolojinin entegre edilmesiyle tarımsal üretimin daha verimli ve sürdürülebilir hale gelmesini sağlamaktadır. Tarım politikaları, biyoteknolojik ürünlerin araştırma, geliştirme ve ticarileştirilmesini desteklemek amacıyla teşvik edici önlemler içermelidir. Bu politikaların, tarımsal biyoteknoloji alanında inovasyonu teşvik eden, AR-GE yatırımlarını destekleyen ve biyoteknolojik ürünlerin pazara girişini kolaylaştıran unsurları içermesi önemlidir.

Örneğin, bazı ülkelerde biyoteknolojik ürünlerin piyasaya sunulmasını hızlandıran regülasyonlar ve teşvik programları bulunmaktadır. Bu programlar, biyoteknoloji ürünlerinin yerel ve uluslararası pazarda rekabet edebilirliğini artırmakta ve çiftçilerin bu ürünlere erişimini kolaylaştırmaktadır. Tarımsal biyoteknolojinin yaygınlaştırılmasına yönelik teşvikler, hem özel sektör hem de kamu sektörü işbirliği ile yürütülmelidir (McCann, 2004).

## 10.3. Kamu ve Özel Sektör İşbirlikleri

Biyoteknolojinin tarımda etkin bir şekilde uygulanabilmesi için kamu ve özel sektör işbirlikleri büyük önem taşımaktadır. Kamu sektörü, biyoteknolojik ürünlerin geliştirilmesi ve uygulanması sürecinde gerekli altyapıyı sağlayabilirken, özel sektör bu ürünlerin ticarileştirilmesinde ve pazara sunulmasında kritik bir rol oynar. Kamu ve özel sektör arasındaki işbirlikleri, biyoteknoloji projelerinin finansmanını, araştırma ve geliştirme süreçlerini destekleyebilir ve biyoteknolojik ürünlerin yaygınlaşmasını hızlandırabilir.

## 11. SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değişikliği ile mücadelede biyoteknolojik çözümler, tarımsal üretim ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından büyük potansiyel taşımaktadır. Biyoteknoloji, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı dirençli bitki çeşitlerinin geliştirilmesi, verimliliğin artırılması ve çevresel etkilerin azaltılması gibi alanlarda önemli katkılar sağlamaktadır. Ancak, biyoteknolojinin potansiyelinden tam anlamıyla yararlanabilmek için, bu alanda yapılacak araştırmaların desteklenmesi, yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulama süreçlerinin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Çalışma kapsamında sunulabilecek önerileri sıralayacak olursak öncelikle biyoteknolojik araştırmalar ve geliştirme projeleri için kamu ve özel sektör desteklerinin artırılması ve bu kapsamda verilecek Ar-Ge destekleri iklim değişikliği ile mücadelede yenilikçi çözümlerin geliştirilmesini hızlandıracaktır. Çeşitli kurumların iş birliği ile yapılacak olan eğitim

ve bilinçlendirme programları ile çiftçilere biyoteknoloji ürünleri hakkında bilgi sağlayarak bu ürünlerin etkin bir şekilde kullanılmasını destekleyecektir. Biyoteknolojinin tarımda yaygınlaştırılması için teşvik edici politika ve programların oluşturulması, bu teknolojilerin benimsenmesini teşvik edecektir. Küresel ölçekte biyoteknolojik çözümler üzerinde iş birlikleri yaparak bilgi ve teknoloji paylaşımı sağlanmalı ve bu çözümlerin dünya genelinde etkili bir şekilde uygulanması desteklenmelidir. Ayrıca biyoteknolojinin sürdürülebilir tarım uygulamaları ile entegrasyonu sağlanmalı ve çevresel etkiler en aza indirilmelidir. Sonuç olarak bu önerilerin, biyoteknolojinin tarımda iklim değişikliğine karşı etkili bir araç olarak kullanılmasını sağlayacağını ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliğine önemli katkı sağlayacağını söylemek mümkündür.

## KAYNAKLAR

- Adesemoye, A. O., & Kloepper, J. W. (2009). Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(1), 1–12.
- Aküzüm, T., Çakmak, B., & Gökalp, Z. (2010). Türkiye’de su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1), 67-74.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2005). Agroecology and the search for a truly Sustainable Agriculture. United Nations Environment Programm, Mexico.
- Andrault, D., Petitgirard, S., Lo Nigro, G., Devidal, J. L., Veronesi, G., Garbarino, G., & Mezouar, M. (2012). Solid–liquid iron partitioning in Earth’s deep mantle. *Nature*, 487(7407), 354-357.
- Bai, X., Ke, J., Huang, P., Fatima, I., Cheng, T., & Tang, M. (2022). Promotion of natural flowers by JcFT depends on JcLFY in the perennial woody species *Jatropha curcas*. *Plant Science*, 318, 111236.
- Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO). (2023). *World food and agriculture – Statistical yearbook*. <https://www.fao.org>
- Byerlee, D., De Janvry, A., & Sadoulet, E. (2009). Agriculture for development: Toward a new paradigm. *Annu. Rev. Resour. Econ.*, 1(1), 15-31.
- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*, 25(3), 294–306.
- Cobourn, K. (2023). Climate change adaptation policies to foster resilience in agriculture. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers.
- Collard, B. C. Y., & Mackill, D. J. (2008). Marker-assisted selection: An approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 557-572.
- Datta, S. (2013). Impact of climate change in Indian horticulture-a review. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 2(4), 661-671.
- Dünya Bankası. (2022). *Agriculture and food security: Climate-smart solutions*. <https://www.worldbank.org>
- Dünya Bankası. (2023). *Risk management strategies for climate change adaptation*. <https://www.worldbank.org>
- FAO. (2021). Climate-smart agriculture: Building resilience to climate change. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Faroque, M. A. A., Asaduzamman, M., & Hossain, M. (2013). Sustainable agricultural development under climate change in Bangladesh. *Journal of Science Foundation*, 11(1), 17-28.
- Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2008). Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist*, 179(4), 945-963.

- George, E. F., Hall, M. A., & De Klerk, G. J. (2008). Plant propagation by tissue culture: The background (3rd ed.). Springer.
- Hakorimana, F. (2018). Ruanda'da, kahve üretiminde iklim değişikliğinin etkisi ve risk yönetimi stratejilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, 2018.
- Heinemann, J. A., Massaro, M., Coray, D. S., Agapito-Tenfen, S. Z., & Wen, J. D. (2014). Sustainability and innovation in staple crop production in the US Midwest. *International journal of agricultural sustainability*, 12(1), 71-88.
- Hoshikawa, K., Pham, D., Ezura, H., Schafleitner, R., & Nakashima, K. (2021). Genetic and molecular mechanisms conferring heat stress tolerance in tomato plants. *Frontiers in Plant Science*, 12, 786688.
- James, C. (2009). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops, 2009.
- Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2012). A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science*, 337(6096), 816-821.
- Kumar, M., Yusuf, M. A., Nigam, M., & Kumar, M. (2018). An update on genetic modification of chickpea for increased yield and stress tolerance. *Molecular biotechnology*, 60, 651-663.
- Linaza, M. T., Posada, J., Bund, J., Eisert, P., Quartulli, M., Döllner, J., Pagani, A., Olaizola, I.G., Barriguinha, A., Moysiadis, T., & Lucat, L. (2021). Data-driven artificial intelligence applications for sustainable precision agriculture. *Agronomy*, 11(6), 1227.
- McCann, L. (2004). Agroecological Innovations: Increasing Food Production with Participatory Development. *American Journal of Agricultural Economics*, 86(2), 553-554.
- Miller, L. E. (2004). Reconsidering graduate programs for students from developing countries. *The Journal of agricultural education and extension*, 10(2), 83-87.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
- Oldroyd, G. E., & Dixon, R. (2014). Biotechnological solutions to the nitrogen problem. *Current Opinion in Biotechnology*, 26, 19-24.
- Paravar, A., Piri, R., Balouchi, H., & Ma, Y. (2023). Microbial seed coating: An attractive tool for sustainable agriculture. *Biotechnology Reports*, 37, e00781.
- Pereira, L. S., Cordery, I., & Iacovides, I. (2009). Coping with water scarcity: Addressing the challenges. Springer.
- Pingali, P. L. (2012). Green revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(31), 12302-12308.

- Pray, C. E., Bengali, P., & Ramaswami, B. (2005). The cost of biosafety regulations: the Indian experience. *Quarterly Journal of International Agriculture*, 44 (3), 267-290.
- Qaim, M. (2009). The economics of genetically modified crops. *Annual Review of Resource Economics*, 1, 665-694.
- Ran, F. A. F. A., Hsu, P. D., Wright, J., Agarwala, V., Scott, D. A., & Zhang, F. (2013). Genome engineering using the CRISPR-Cas9 system. *Nature protocols*, 8(11), 2281-2308.
- Shimokawa, S. (2016). Why can calorie posting be apparently ineffective? The roles of two conflicting learning effects. *Food Policy*, 64, 107-120.
- Simelton, E., Fraser, E. D. G., Termansen, M., Forster, P. M., & Dougill, A. J. (2009). Typologies of crop-drought vulnerability: An empirical analysis of the socio-economic factors that influence the sensitivity and resilience to drought of three major food crops in China (1961-2001). *Environmental Science & Policy*, 12(4), 438-452.
- Slavin, J. L., & Lloyd, B. (2012). Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in nutrition*, 3(4), 506-516.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2010). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic press.
- TÜBİTAK. (2022). *Türkiye'de iklim değişikliği ve tarım: Mevcut durum ve öneriler*. <https://www.tubitak.gov.tr>
- Wright, B. D., & Pardey, P. G. (2006). The evolving rights to intellectual property protection in the agricultural biosciences. *International Journal of Technology and Globalisation*, 2(1/2), 12-29.
- Zilberman, D., Sexton, S. E., Marra, M., & Fernandez-Cornejo, J. (2010). The economic impact of genetically engineered crops. *Choices*, 25(2).



# BÖLÜM 3

## THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF *COCOS NUCIFERA* AND ITS ROLE IN PLANT DISEASE CONTROL

*Nida UYSAL*<sup>1,2</sup>

---

1 Department of Plant Production and Technologies, Faculty of Agricultural Sciences and Technologies, Nigde Omer Halisdemir University, Nigde, Türkiye.

2 Corresponding author: n.unlu33@gmail.com

## Abstract

The role of plants in human history is undeniable, spanning from ancient civilizations to the modern era. Their applications are multifaceted, encompassing nutrition, shelter, clothing, and therapeutics. In recent times, the utilization of plants has been extended to pharmaceutical and agricultural pest management. Given these modern applications, a comprehensive understanding of the plant composition and active constituents is imperative. This study presents a compilation of the reported biological activities of *Cocos nucifera*, commonly known as the Tree of Life, with a focus on its potential to control plant diseases and pests. A comprehensive literature review revealed that *Cocos nucifera* exhibits a wide range of biological properties, including antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, antidepressant, antimicrobial, and cytotoxic effects. Moreover, our findings suggest that this plant could be a promising candidate for the management of agricultural pests and diseases, particularly given its remarkable antioxidant and antimicrobial activities.

**Keywords:** Life tree, Coconut, Biological activity, Agricultural control

## Introduction

The use of plants for medicinal purposes has been a common practice throughout human history (Mohammed et al., 2022). While in ancient times all plants were often used, modern practices have focused on specific plant parts and even different preparations of these parts (Sevindik et al., 2017; Mohammed et al., 2021). The nutritional significance of plants is well established, as they serve as valuable sources of essential minerals, vitamins, and other nutrients necessary for human health (Korkmaz et al., 2021). Numerous studies have reported a wide range of biological activities of plants, including antioxidant, anticancer, antimicrobial, anti-aging, anti-allergic, and DNA-protective properties (Mohammed et al., 2018; Unal et al., 2022). *C. nucifera*, the coconut palm, is a monocotyledonous perennial belonging to the *Arecaceae* family, commonly known as the 'Tree of Life'. It is the only extant species of the genus *Cocos* and a member of the palm tree family (*Arecaceae*). Owing to human cultivation and dispersal, the coconut palm exhibits a nearly cosmopolitan distribution. However, its original distribution is believed to be Indo-Pacific, including Southeast Asia, Maritime Southeast Asia, and Melanesia. Characterized by a towering height of up to 30 m, pinnate leaves, and a substantial spathe, the coconut palm produces a drupe fruit consisting of exocarp, mesocarp, and endocarp (Chan et al., 2006; Siriphanich et al., 2011; Lima et al., 2015;

Pham, 2016). This study reviewed the reported biological activities of *C. nucifera* and its potential as a biocontrol agent for plant diseases and pests.

### Plant Disease Control

Biotic and abiotic factors lead to significant crop losses in agricultural production. Biotic factors such as plant pathogens and pests cause yield and quality losses in plants (Dordas, 2008; Gilligan, 2008; Montesinos and Bardaji, 2008). In recent years, sustainable agriculture has become increasingly important. Plant diseases have become a significant constraint to agricultural production. The use of synthetic pesticides to manage plant diseases and pests has raised substantial concerns regarding food safety, ecological disruption, and the development of pesticide resistance in target organisms, thus emphasizing the urgent need for alternative control strategies (Ishii, 2006; Dordas, 2008). A study conducted in India investigated the fumigant and contact toxicity of coconut leaf extracts against four major grain pests, *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum*, and *Callosobruchus chinensis*. The results demonstrated that *C. chinensis*, *S. oryzae*, and *T. castaneum* were equally susceptible to the fumigant properties of both crude extracts and column-washed fractions of *C. nucifera* adults. In contrast, adults of *R. dominica* exhibited tolerance to all extracts tested in both fumigation and contact mode bioassays (Usha Rani et al., 2011). A study conducted in Kenya evaluated the efficacy of coconut extract against *Busseola fusca*, a major pest responsible for approximately 400,000 tons of maize losses annually. The results demonstrated that a 75% concentration of coconut leaf extract significantly increased the mortality rate of *B. fusca* and reduced leaf damage compared to other coconut extract concentrations and the synthetic pesticide Karate (Lambda-cyhalothrin) (Anina, 2021). Additionally, another study explored the insecticidal properties of coconut shell liquid smoke against various soybean pests such as locust (*Acrididae*), armyworm (*Spodoptera litura*), soybean beetle (*Phaedonia inclusa*), whitefly (*Bemisia tabaci*), *Ophiomyia phaseoli*, leaf roller (*Lamprosema indicata*). The findings indicated that coconut shell liquid smoke exhibited pesticidal activity, suggesting its potential as a promising biopesticide (Diptaningsari et al., 2022). Furthermore, studies have reported the insecticidal activity of biochemical derived from *C. nucifera* against various agricultural pests, including the palm pest (*Brontispa longissima* (Gestro)) (Fang et al., 2011), and the corn pests, *Helicoverpa zea* (Boddie), and fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Dowd et al., 2011), demonstrating its insecticidal activity. Regarding the use of coconut products against bacterial and fungal diseases; coconut-derived wood vinegars, extracted from coconut shells, carambola pruning, and mango pruning, have been demonstrated to exhibit

antimicrobial activity against various plant pathogenic fungi and bacteria, including *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gleosporoides*, *Pestalotiopsis microspora*, and *Ralstonia solanacearum*. Furthermore, the bioactive compounds present in *C. nucifera* have shown promise in the control of postharvest diseases. A study investigated the antifungal activity of *C. nucifera* extracts against *Penicillium italicum*, a pathogen causing blue mold disease in Persian lime, and found that while there was no significant effect at 15°C, it exhibited antifungal activity at 25°C. This suggests the potential of *C. nucifera* as an alternative to chemical control for postharvest fungal diseases (Hernández-Flores et al., 2023). Additionally, plant extracts from *C. nucifera*, *Syagrus cearensis*, *S. coronata*, and *Wodetia bifurcata* have been successfully used in Brazil to control *Scutellonema bradys* and *Pratylenchus* spp. nematodes, which cause significant losses in yam production and cause dry rot disease (Farias et al., 2020). These findings indicate that the biochemical derived from coconuts play an effective role in controlling plant diseases and pests.

### Biological activity

*In vitro* and *in vivo* studies on the biological activities of *C. nucifera* have employed various extracts such as methanol, petroleum ether, ethyl acetate, ethanol, hydroalcoholic, aqueous, alcoholic, fiber, and crude extracts. The biological activities of *C. nucifera* are summarized in Table 1.

**Table 1.** Biological activity of *Cocos nucifera*

Biological activity	Extraction	References
Antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, antidepressant, antimicrobial, cytotoxic	Methanol, petroleum ether, ethyl acetate, ethanol, hydroalcoholic, aqueous, alcoholic, fiber extract, crude extract	(Esquenazi et al., 2002; Chakraborty and Mitra, 2008; Karadi et al., 2011; Bezerra dos Santos Oliveira et al., 2013; Santos et al., 2013; Jose et al., 2014; NasimunIslam et al., 2014; Figueira et al., 2016; Lima et al., 2016; Padumadasa et al., 2016; Li et al., 2018; Muritala et al., 2018; Uy et al., 2019; Asghar et al., 2020; Leliana et al., 2022)

## Antioxidant activity

Antioxidants are crucial in reducing the detrimental impact of free radicals (Sevindik et al., 2018; Uysal, 2022). Although low concentrations of free radicals may have minimal effects, excessive levels can lead to negative outcomes (Akgül et al., 2016; Uysal et al., 2022). Oxidative stress occurs when the body has insufficient levels of antioxidants to combat the effects of reactive oxygen species (Sevindik et al., 2016; Korkmaz et al., 2023). Administering antioxidants has been shown to be an effective approach in reducing the adverse effects of oxidative stress (Mohammed et al., 2019; Sevindik et al., 2023). The antioxidant activities of *C. nucifera* reported in the literature are summarized in Table 1. A study conducted in China investigated the antioxidant capacity of fractions obtained from coconut using ABTS, chelating activity, and reducing power assays. The results demonstrated that prolamin, glutelin-1, and glutelin-2 exhibited superior radical scavenging activity and reducing power, while globulin and prolamin displayed high ion chelating abilities of 89.14% and 80.38%, respectively (Li et al., 2018). In another study conducted in India, the antioxidant activity of a methanol extract from the mesocarp of coconut was analyzed using DPPH and FRAP assays. The results indicated a DPPH EC<sub>50</sub> value of 32.3-90.2 µg/ml and a FRAP value of 768-1292 mmol Fe (II)/g (Chakraborty and Mitra, 2008). A study conducted in Brazil examined the antioxidant status of various coconut varieties, including green dwarf, yellow dwarf, red dwarf, and yellow Malayan, utilizing DPPH and nitric oxide assays. The findings indicated that all varieties exhibited an LC<sub>50</sub> value of 73 µL for DPPH and scavenged 29.9% of nitric oxide at a concentration of 0.1 mL, demonstrating efficacy in inhibiting in vitro production (Santos et al., 2013). In Pakistan, research on the antioxidant properties of a petroleum ether extract from coconut was performed using DPPH, FRAP, and ABTS assays. The results revealed a DPPH value of 23.42%, a FRAP value of 2.09 mM/mL, and an ABTS value of 21.85% (Asghar et al., 2020). A Nigerian study investigated the antioxidant activity of methanol and ethyl acetate extracts from coconut using the DPPH assay, showing DPPH EC<sub>50</sub> values of 5.72 mg/mL for the methanol extract and 5.97 mg/mL for the ethyl acetate extract (Muritala et al., 2018). Another Brazilian study assessed the antioxidant activity of ethanol extracts from various coconut varieties (Bezerra dos Santos Oliveira et al., 2013). Additionally, research in Sri Lanka evaluated the antioxidant activity of an ethyl acetate extract from coconut, finding DPPH and superoxide radicals LC<sub>50</sub> values of 11.02±0.60 µg/mL and 26.11±0.72 µg/mL, respectively (Padumadasa et al., 2016). Several studies have explored the antioxidant properties of coconut extracts. In the Philippines, Uy et al. (2019) conducted a DPPH assay on a methanol extract, revealing a maximum inhibition of 95.14%

at a concentration of 300 ppm. Meanwhile, a Brazilian study by Lima et al. (2016) demonstrated that hydroalcoholic extract of coconut shell fiber (HECN) significantly reduced malondialdehyde (MDA) and nitrite levels in the hippocampus and other brain regions of rats. In Indonesia, Leliana et al. (2022) investigated the antioxidant activity of aqueous and ethanol extracts from coconut. Their findings indicated that the ultrasonic extract of young coconut mesocarp exhibited the highest antioxidant potential, with an LC50 value lower than that of the synthetic antioxidant BHT.

### Antimicrobial activity

Antimicrobial drugs are preferred for controlling microorganisms (Sevindik et al., 2021; Karalti et al., 2022). However, growing concerns over synthetic drug side effects have led to a resurgence of interest in natural alternatives (Saridoğan et al., 2021; Mohammed et al., 2023). This review summarizes the reported antimicrobial activities of *C. nucifera* extracts (Table 1). Several studies have investigated the antimicrobial properties of *C. nucifera* extract. Chakraborty and Mitra (2008) evaluated the antimicrobial activity of a methanol extract from the coconut mesocarp against *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, and *Pseudomonas aeruginosa*. The results indicated significant inhibition zones for *S. aureus* (8-15 mm) and *B. subtilis* (7-10 mm) but no activity against *E. coli* and *P. aeruginosa*. A study conducted in the Philippines investigated the antimicrobial activity of a methanol extract from coconut against bacterial and fungal strains such as *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, and *Aspergillus niger*. As a result of the study, that the highest inhibition zone values were 13.67 mm for *K. pneumoniae* and *B. subtilis* among bacterial strains, and 12 mm for *C. albicans* among fungal strains (Uy et al., 2019). Jose et al. (2014) conducted a study in India to evaluate the antimicrobial activity of an alcoholic coconut extract against various oral pathogens. The extract exhibited significant inhibition against *Streptococcus mutans* (4.6-15.3 mm), *S. salivarius* (3.3-16.3 mm), *S. mitis* (4.6-13.3 mm), *Lactobacillus acidophilus* (8.3-13.3 mm), *Prevotella intermedia* (9 mm), *Actinomyces* species, and *Candida albicans* (6.3-13.6 mm). In a separate study conducted in Brazil, Esquenazi et al. (2002) investigated the antimicrobial effects of a coconut fiber extract against *Staphylococcus aureus*. The results demonstrated an inhibition zone range of 0-13 mm for this bacterial strain. Karadi et al. (2011) conducted a study in India to evaluate the antimicrobial potential of a coconut crude extract against a range of bacteria and fungi such as *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *C. tropicalis*, and *Aspergillus niger*. The extract demonstrated the highest inhibition against *Bacillus*

*subtilis* (20 mm) among bacteria and *Aspergillus niger* (17 mm) among fungi. Another study conducted in Brazil investigated the antimicrobial activity of an ethanol extract from coconut against *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, and *Candida albicans*. The study found that the best inhibition zone value was 13 mm for *S. aureus* among bacteria, and none was observed for fungi (Figueira et al., 2016).

### Other activity

A study conducted in Sri Lanka by Padumadasa et al. (2016) examined the anti-inflammatory and anticancer potential of an ethyl acetate extract derived from coconuts. The results indicated that the extract possessed significant anti-inflammatory properties, with an LC50 value of  $10.31 \pm 1.11$   $\mu\text{g/mL}$ , which was comparable to the reference drug ibuprofen (LC50 =  $11.20 \pm 1.90$   $\mu\text{g/mL}$ ). Additionally, the extract demonstrated notably higher cytotoxic activity against HeLa cancer cells, as evidenced by an LC50 value of  $18.78 \pm 0.90$   $\mu\text{g/mL}$  compared to tamoxifen (LC50 =  $28.80 \pm 1.94$   $\mu\text{g/mL}$ ;  $P \leq 0.05$ ). In contrast, the extract showed minimal cytotoxicity against PC3 cancer cells, with an LC50 value of  $44.21 \pm 0.73$   $\mu\text{g/mL}$ . Lima et al. (2016) conducted a study in Brazil investigating the antidepressant-like properties of a hydroalcoholic extract from *C. nucifera* shell fiber (HECN). The results indicated that administration of HECN at a dose of 100 mg/kg significantly decreased the immobility time in both the forced swim and tail suspension tests, which are commonly used rodent models of depression. Separately, a study by NasimunIslam et al. (2014) in India explored the cytotoxic effects of a crude coconut extract on HeLa cells. The extract demonstrated potent cytotoxic activity with an LC50 value of 1.77 mg/ml.

### Conclusion

A comprehensive literature review was conducted to evaluate the biological activities of *C. nucifera* and its potential as a natural control agent for plant diseases and pests. These findings revealed a diverse array of biological activities associated with *C. nucifera*, including antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, antidepressant, antimicrobial, and cytotoxic effects. These results suggested that *C. nucifera* is a promising candidate for the development of novel pharmaceutical agents. Additionally, the antimicrobial properties of *C. nucifera* against significant pathogens coupled with its potent antioxidant activity, as demonstrated by various assays, highlight its potential applications in agriculture and medicine.

## References

- Akgül, H., Nur, A. D., Sevindik, M., & Doğan, M. (2016). *Tricholoma terreum* ve *Coprinus micaceus*' un bazı biyolojik aktivitelerinin belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(2), 158-162.
- Anna, M. N. (2021). Phytochemical Composition, Larvicidal Activity of *Cocos Nucifera* Extracts on *Busseola Fusca* Fuller and Its Effects on Growth And Yield of Maize (Doctoral dissertation, Maseno University).
- Asghar, M. T., Yusof, Y. A., Mokhtar, M. N., Ya'acob, M. E., Mohd. Ghazali, H., Chang, L. S., Manaf, Y. N. (2020). Coconut (*Cocos nucifera* L.) sap as a potential source of sugar: Antioxidant and nutritional properties. *Food science & nutrition*, 8(4), 1777-1787.
- Baharom, N. A., Rahman, M. H. A., Shahrin, M. S., Suherman, F. H. S., & Masdar, S. N. H. (2020). Chemical composition and antimicrobial activities of wood vinegars from carambola, coconut shells and mango against selected plant pathogenic microorganisms. *Malaysian Journal of Microbiology*, 16(6).
- Bezerra dos Santos Oliveira, M., Barros Valentim, I., Calado de Vasconcelos, C., Maria Bazilio Omena, C., Jose Henriques Bechara, E., Gomes da Costa, J., Oliveira Fonseca Goulart, M. (2013). *Cocos nucifera* Linn.(Palmae) husk fiber ethanolic extract: antioxidant capacity and electrochemical investigation. *Combinatorial chemistry & high throughput screening*, 16(2), 121-129.
- Chakraborty, M., Mitra, A. (2008). The antioxidant and antimicrobial properties of the methanolic extract from *Cocos nucifera* mesocarp. *Food Chemistry*, 107(3), 994-999.
- Chan, E., Elevitch, C. R. (2006). *Cocos nucifera* (coconut). *Species profiles for Pacific Island agroforestry*, 2(1), 1-27.
- Diptaningsari, D., Meithasari, D., Karyati, H., Wardani, N. (2022, February). Potential use of coconut shell liquid smoke as an insecticide on soybean and the impact on agronomic performance. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 985, No. 1, p. 012058). IOP Publishing.
- Dordas, C. (2008). Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for sustainable development*, 28, 33-46.
- Dowd, P. F., Johnson, E. T., Vermillion, K. E., Berhow, M. A., Palmquist, D. E. (2011). Coconut leaf bioactivity toward generalist maize insect pests. *Entomologia experimentalis et applicata*, 141(3), 208-215.
- Esquenazi, D., Wigg, M. D., Miranda, M. M., Rodrigues, H. M., Tostes, J. B., Rozental, S., Alviano, C. S. (2002). Antimicrobial and antiviral activities of polyphenolics from *Cocos nucifera* Linn.(Palmae) husk fiber extract. *Research in microbiology*, 153(10), 647-652.



- Fang, Y., Sun, J., Zhang, Z. (2011). Response of *Brontispa longissima* to coconut palm (*Cocos nucifera*) leaf volatiles. *Physiological entomology*, 36(4), 321-326.
- Farias, S. P. D., Almeida, A. V. D. L. D., Nascimento, E. S. D., Soletti, J. I., Balliano, T. L., Moura Filho, G., Muniz, M. D. F. S. (2020). In vitro and in vivo control of yam dry rot nematodes using pyroligneous extracts from palm trees. *Revista Ceres*, 67(6), 482-490.
- Figueira, C., Santos, J. M., Póvoas, F. T. X., Viana, M. D. M., Moreira, M. S. A. (2016). Assessment of antimicrobial and cytotoxic activities of crude extracts from *Cocos nucifera* Linn. *J Chem Pharm Res*, 8(8), 276-82.
- Gilligan, C. A. (2008). Sustainable agriculture and plant diseases: an epidemiological perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 741-759.
- Hernández-Flores, E. J., Blancas-Benitez, F. J., Montaño-Leyva, B., González-Estrada, R. R. (2023). Antifungal potential of aqueous extracts of coconut (*Cocos nucifera* L.) by-products against blue mold disease on Persian lime during storage. *Food Control*, 148, 109632.
- Ishii, H. (2006). Impact of fungicide resistance in plant pathogens on crop disease control and agricultural environment. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 40(3), 205-211.
- Jose, M., Cyriac, M. B., Pai, V., Varghese, I., Shantaram, M. (2014). Antimicrobial properties of *Cocos nucifera* (coconut) husk: An extrapolation to oral health. *Journal of natural science, biology, and medicine*, 5(2), 359.
- Karadi, R. V., Shah, A., Parekh, P., Azmi, P. (2011). Antimicrobial activities of *Musa paradisiaca* and *Cocos nucifera*. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 2(1), 264-267.
- Karalti, I., Kabaktepe, S., Akata, I., Uysal, I., Saridogan, B. G. O., Sevindik, M. (2022). Antioxidant, Antimicrobial Potentials and Element Levels of *Laccaria laccata*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 31(9), 9621-9626.
- Korkmaz, N., Dayangaç, A., Sevindik, M. (2021). Antioxidant, antimicrobial and antiproliferative activities of *Galium aparine*. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 45(3), 554-564.
- Kormaz, N., Mohammed, F. S., Uysal, I., Sevindik, M. (2023). Antioxidant, antimicrobial and anticholinesterase activity of *Dittrichia graveolens*. *Prospects in Pharmaceutical Sciences*, 21(4), 48-53.
- Leliana, L., Setyaningsih, W., Palma, M., Supriyadi, Santoso, U. (2022). Antioxidant activity of aqueous and ethanolic extracts of Coconut (*Cocos nucifera*) fruit by-products. *Agronomy*, 12(5), 1102.
- Li, Y., Zheng, Y., Zhang, Y., Xu, J., Gao, G. (2018). Antioxidant activity of coconut (*Cocos nucifera* L.) protein fractions. *Molecules*, 23(3), 707.

- Lima, E. B. C., de Sousa, C. N. S., Vasconcelos, G. S., Meneses, L. N., e Silva Pereira, Y. F., Ximenes, N. C., Vasconcelos, S. M. M. (2016). Antidepressant, antioxidant and neurotrophic properties of the standardized extract of *Cocos nucifera* husk fiber in mice. *Journal of natural medicines*, 70, 510-521.
- Lima, E. B. C., Sousa, C. N. S., Meneses, L. N., Ximenes, N. C., Júnior, S., Vasconcelos, G. S., Vasconcelos, S. M. M. (2015). *Cocos nucifera* (L.)(Arecaceae): A phytochemical and pharmacological review. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 48, 953-964.
- Mohammed, F. S., Akgul, H., Sevindik, M., Khaled, B. M. T. (2018). Phenolic content and biological activities of *Rhus coriaria* var. *zebaria*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(8), 5694-5702.
- Mohammed, F. S., Sevindik, M., Bal, C., Akgül, H., & Selamoglu, Z. (2019). Biological activities of *Adiantum capillus-veneris* collected from Duhok province (Iraq). *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology*, 28(2), 128-142.
- Mohammed, F. S., Sevindik, M., Uysal, I., Sevindik, E., Akgül, H. (2022). A Natural Material for Suppressing the Effects of Oxidative Stress: Biological Activities of *Alcea kurdica*. *Biology Bulletin*, 49(Suppl 2), S59-S66.
- Mohammed, F. S., Uysal, I., Sevindik, M. (2021). Total Antioxidant and Oxidant Status of *Urtica dioica* (Nettle). *Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(2), 109-115.
- Mohammed, F. S., Uysal, I., Sevindik, M. (2023). A review on antiviral plants effective against different virus types. *Prospects in Pharmaceutical Sciences*, 21(2), 1-21.
- Montesinos, E., Bardaji, E. (2008). Synthetic antimicrobial peptides as agricultural pesticides for plant-disease control. *Chemistry & biodiversity*, 5(7), 1225-1237.
- Muritala, H. F., Akolade, J. O., Akande, S. A., Abdulazeez, A. T., Aladodo, R. A., Bello, A. B. (2018). Antioxidant and alpha-amylase inhibitory potentials of *Cocos nucifera* husk. *Food Science & Nutrition*, 6(6), 1676-1683.
- NasimunIslam, N., Naine, J. S., Jameel, S., Khora, S. S., Kumar, V., Mohanasrinivasan, V., Panneerselvam, A. (2014). Cytotoxic Property of *Cocos nucifera* shell extracts on HeLa Cells. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 7(5), 521.
- Padumadasa, C., Dharmadana, D., Abeysekera, A., Thammitiyagodage, M. (2016). In vitro antioxidant, anti-inflammatory and anticancer activities of ethyl acetate soluble proanthocyanidins of the inflorescence of *Cocos nucifera* L. *BMC complementary and alternative medicine*, 16, 1-6.
- Pham, L. J. (2016). Coconut (*cocos nucifera*). In *Industrial oil crops* (pp. 231-242). AOCS Press.

- Santos, J. L., Bispo, V. S., BC FILHO, A. D. R. I. A. N. O., Pinto, I. F., Dantas, L. S., Vasconcelos, D. F., Matos, H. R. (2013). Evaluation of chemical constituents and antioxidant activity of coconut water (*Cocos nucifera* L.) and caffeic acid in cell culture. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85, 1235-1247.
- Saridogan, B. G. O., Islek, C., Baba, H., Akata, I., Sevindik, M. (2021). Antioxidant antimicrobial oxidant and elements contents of *Xylaria polymorpha* and *X. hypoxylon* (Xylariaceae). *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(5), 5400-5404.
- Sevindik, M., Akgül, H., Günal, S., & Doğan, M. (2016). *Pleurotus ostreatus*' un doğal ve kültür formlarının antimikrobiyal aktiviteleri ve mineral madde içeriklerinin belirlenmesi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 16(1), 153-156.
- Sevindik, M., Akgul, H., Korkmaz, A. I., & Sen, I. (2018). Antioxidant potentials of *Helvella leucomelaena* and *Sarcosphaera coronaria*. *J Bacteriol Mycol Open Access*, 6(2), 00173.
- Sevindik, M., Akgul, H., Pehlivan, M., Selamoglu, Z. (2017). Determination of therapeutic potential of *Mentha longifolia* ssp. *longifolia*. *Fresen Environ Bull*, 26(7), 4757-4763.
- Sevindik, M., Akgul, H., Selamoglu, Z., & Braidy, N. (2021). Antioxidant, antimicrobial and neuroprotective effects of *Octaviania asterosperma* in vitro. *Mycology*, 12(2), 128-138.
- Sevindik, M., Onat, C., Mohammed, F. S., Uysal, İ., Koçer, O. (2023). Antioxidant and antimicrobial activities of White Radish. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(2), 372-375.
- Siriphanich, J., Saradhulhat, P., Romphophak, T., Krisanapook, K., Pathaveerat, S., Tongchitpakdee, S. (2011). Coconut (*Cocos nucifera* L.). In *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical Fruits* (pp. 8-35e). Woodhead Publishing.
- Unal, O., Eraslan, E. C., Uysal, I., Mohammed, F. S., Sevindik, M., Akgul, H. (2022). Biological activities and phenolic contents of *Rumex scutatus* collected from Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 31(7), 7341-7346.
- Usha Rani, P., Venkateshwaramma, T., Devanand, P. (2011). Bioactivities of *Cocos nucifera* L.(Arecales: Areaceae) and *Terminalia catappa* L.(Myrtales: Combretaceae) leaf extracts as post-harvest grain protectants against four major stored product pests. *Journal of Pest Science*, 84, 235-247.
- Uy, I. A., Dapar, M. L. G., Aranas, A. T., Mindo, R. A. R., Manting, M. M. E., Torres, M. A. J., Demayo, C. G. (2019). Qualitative assessment of the antimicrobial, antioxidant, phytochemical properties of the ethanolic extracts of the roots of *Cocos nucifera* L. *Pharmacophore*, 10(2), 63-75.

- Uysal, İ. (2022). Some pharmacological properties of *Alyssum stylare* (Boiss. & Balansa) Boiss. *International Journal of Chemistry and Technology*, 6(2), 93-96.
- Uysal, İ., Dogan, M., Kına, E., Mencik, K., Mohammed, F. S. (2022). Yellow water-lily (*Nuphar lutea* (L.) Sm.) as a Potential Functional Natural Product: Antioxidant and Antimicrobial Potentials. *Eurasian Journal of Medical and Biological Sciences*, 2(2), 50-54.