

BİYOÇEŞİTLİLİK, TARIM VE GIDA

Editörler:

Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN

Prof. Dr. Kazım ŞAHİN

Prof. Dr. Sezai ERCİŞLİ



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ
TURKISH ACADEMY OF SCIENCES

BİYOÇEŞİTLİLİK, TARIM VE GIDA



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ
TURKISH ACADEMY OF SCIENCES

Biyoçeşitlilik, Tarım ve Gıda / Biodiversity, Agriculture And Food

© Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, 2024 / © Turkish Academy of Sciences Publication, 2024

TÜBA Raporları No / TÜBA Reports No: 57

ISBN: 978-625-6110-01-4

DOI: 10.53478/TUBA.978-625-6110-01-4

Bu kitapta yer alan tüm yazıların dil, bilim, etik ve hukuk açısından bilimsel sorumluluğu yazarlarına aittir. Editörlerin ve Türkiye Bilimler Akademisi'nin sorumluluğu bulunmamaktadır.

The scientific responsibility for the language, scientific, ethical and legal aspects of all the articles included in the book belongs to the authors. Turkish Academy of Sciences and the editors have no responsibility.

Türkiye Bilimler Akademisi / Turkish Academy of Sciences

Vedat Dalokay Cad. No: 112 06670 Çankaya - Ankara

Tel: +90 312 442 29 03 • www.tuba.gov.tr

Editörler / Editors

Mehmet Emin Aydın

Kazim Şahin

Sezai Ercişli

Sekreteryä / Sekretariat

Gökçen Oral

Büşra Sözen

Grafik Tasarım - Graphic Designer

Mustafa Altıntepe

Birinci Baskı / 1st. Edition

Baskı Yeri, Tarihi/ Publication Place and Date: Aktürk Matbaası / 2024

Baskı Adedi / Pcs.: 750

Biyoçeşitlilik, Tarım ve Gıda / Ed. Mehmet Emin Aydın, Kazim Şahin ve Sezai Ercişli. --- Ankara : Türkiye Bilimler Akademisi, 2024.

432 s. ; 20 x 28 cm. - (TÜBA Raporları No; 57)

Bibliyografya var.

ISBN 978-625-6110-01-4

1. Biyoçeşitlilik. 2. Biodiversity. 3. Biyoçeşitlilik -- Çevre -- Türkiye. 4. Biodiversity -- Environment -- Turkey

5. Biyoçeşitlilik -- iklim değişikliği. 6. Biodiversity -- Climate change. 7. Tarım. 8. Agriculture.

9. Gıda Güvenliği. 10. Food safety.

QH77.B56 2024

574.5



Bu eser Creative Commons Alıntı-Gayrı Ticari -Türetilemez (BY-NC-ND) 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-No Derivative (BY-NC-ND) 4.0 International License.

BIODIVERSITY, AGRICULTURE AND FOOD



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ
TURKISH ACADEMY OF SCIENCES

İÇİNDEKİLER

Table of Content

TAKDİM

Foreword
Muzaffer Şeker
3

ÖNSÖZ

Preface
Mehmet Emin Aydın, Kazım Şahin, Sezai Ercişli
5

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TARIMSAL BİYOÇEŞİTLİLİĞE ETKİSİ

Climate Change and its Impact on Agricultural Biodiversity
Levent Şaylan
7

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BİTKİ GENETİK KAYNAKLARI ÜZERİNE ETKİSİ

The Effect of Climate Change on Plant Genetic Resources
Gülşay Beşirli, Mehmet Cengiz Arslanoğlu, Erdiç Oğur
21

TARIM ALANLARINDAN GELEN MİKRO KİRLETİCİLER VE ENDOKRİN BOZUCULAR

Micropollutants and Endocrine Disruptors From Agricultural Fields
Sezai Ercişli
53

HATALI SU KULLANIMI VE BİYOÇEŞİTLİLİK KAYBI

Improper Water use and Biodiversity Loss
Üstün Şahin
69

BİLİNÇSİZ GÜBRE KULLANIMININ BİYOÇEŞİTLİLİK ÜZERİNE ETKİSİ

The Effects of Unconscious Fertilizer use on Biodiversity
Metin Turan, Ayhan Kocaman
103

HATALI PESTİSİT KULLANIMI VE BİYOÇEŞİTLİLİK KAYBI

Misuse of Pesticides and Biodiversity Loss
Ramazan Canhilal, Ebubekir Yüksel
127

RİZOSFERDE BİYOÇEŞİTLİLİK KAYBI

Biodiversity Loss in the Rhizosphere
Semra Demir
147

YABAN HAYATI ve BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK KAYBI

Wildlife and Loss of Biodiversity
Atilla Durmuş
173

SU ÜRÜNLERİ ÜRETİMİ VE BALIK BİYOÇEŞİTLİLİĞİNİN DEĞİŞİMİ

Aquaculture Production and Change in Fish Biodiversity

F. Güler Ekmekçi, M. Altuğ Atalay, Mahir Kanyılmaz

193

BİYOTEKNOLOJİ VE BİYOÇEŞİTLİLİK İLİŞKİSİ

The Relation of Biotechnology and Biodiversity

Hatice Gülen

217

TARIMSAL ÜRETİM, BİYOÇEŞİTLİLİK ve GIDA GÜVENLİĞİ

Agricultural Production, Biodiversity and Food Safety

Ali Aydın

239

SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA ÜRETİMİNDE BİYOÇEŞİTLİLİĞİN ROLÜ

The Role of Biodiversity in Sustainable Food Production

Hamit Köksel, Oğuz Acar

257

BİYOÇEŞİTLİLİK KAVRAMI EKSENİNDE GELENEKSEL VE EKOLOJİK TARIM

Conventional and Ecological Agriculture on The Axis of Biodiversity Concept

Ramazan Çakmakçı

273

GELENEKSEL / YEREL TOHUMLAR, GDO ve BİYOÇEŞİTLİLİK

Traditional / Local Seeds, GDO And Biodiversity

Ahmet Balkaya

305

BİYOÇEŞİTLİLİĞİN BESLENMEYE ETKİSİ

Effects of Biodiversity on Nutrition

Zehra Büyüktuncer Demirel

331

BİYOÇEŞİTLİLİĞİN SAĞLIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Effects of Biodiversity on Health

Fatma Çelik, Emre Manisalı

351

BİTKİLERDE BİYOÇEŞİTLİLİĞİN GENETİK TEMELLERİ

Genetic Sources of Biodiversity in Plants

Kamil Haliloğlu

377

TARIMSAL ÜRÜNLERDE BİYOÇEŞİTLİLİĞİ KORUMA STRATEJİLERİ: UZUN SÜRELİ DEPOLAMA İÇİN BİYOTEKNOLOJİDEN YARARLANMA

Biodiversity Conservation Strategies in Agricultural Crops: Harnessing Biotechnology for Long-Term Storage

Ekrem Gürel, Dipul Kumar Biswas, Sarah Jorjani, Nour Alawad, Ömer Can Ünüvar, Mehmet Ögeç, Songül Gürel

389

DİZİN / INDEX

417

TAKDİM

Biyçeşitlilik en güncel konuların başında gelmektedir. Tarım ve gıda eksenli düşünöldüğünde biyçeşitliliğin önemi özellikle canlı hayatı ve geleceğı açısından büyük önem arz etmektedir. Maalesef son 60 yılda tüm dünyada gezegenimiz büyük bir biyçeşitlilik kaybına şahit olmuştur. İnsanoğlunun bilinçsiz faaliyetlerinin sonucu oluşan bu büyük kayıp; istilacı türlerin artışı, habitat kayıpları, aşırı kullanım ve kirlilik sonucu ortaya çıkan küresel ısınmayla daha fazla ivme kazanmıştır. Küresel biyçeşitlilik kaybı tarım arazilerinin turizm veya iskân amaçlı kullanımı, kuraklık nedeniyle arazi yapısında değışim ve göllerin yok olması gibi arazi kullanımında değışiklik, habitat kaybı ve parçalanma, doğal kaynakların aşırı kullanımı, kirlilik, istilacı yabancı türlerin artışı, iklim değışikliği dâhil olmak üzere çok sayıda tehditle karşı karşıyadır. Biyçeşitlilik kaybı, farklı türlerin dünya çapında yok olmasının yanı sıra, belirli bir habitatteki türlerin yerel olarak azalmasını da içermektedir. Biyçeşitlilik kaybı, ekolojik restorasyon/ekolojik dayanıklılık yoluyla geri döndürülebilir mi yoksa etkili bir şekilde kalıcı mı olduğuna bağılı olarak geçici veya kalıcı olabilir. Türkiye, flora ve fauna açısından büyük bir biyçeşitliliğe sahiptir. Dünya genelinde en fazla biyçeşitlilik kaybının yaşandığı Akdeniz havzasında yer almamız ölkemizi biyçeşitlilik kaybı yönünden oldukça kırılgan bir hale getirmektedir. Küresel ısınmaya bağılı iklim değışikliği, küresel biyolojik çeşitlilik için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Bazı araştırmalar; tarımın genişlemesi nedeniyle habitat tahribatının ve ayrıca yaban hayatının aşırı sömürölmesinin temel etken olduğunu, dolayısıyla biyçeşitlilik kaybının en önemli itici güçleri arasında iklim değışikliği ile birlikte bunların olduğuna işaret etmektedirler.

Gıda güvenliği açısından elzem olan biyçeşitlilik; gıda ve tarımsal üretim sisteminin sürdürülebilirliğini sağılayan çok fazla sayıda organizmadan meydana gelir. İnsan sağığı ve çevreyi dengede tutan ekosistemlerde biyçeşitlilik ile sağılanmaktadır.

Kanada'da düzenlenen COP15'te Kunming-Montreal Küresel Biyçeşitlilik Çerçevesi'ne atıfta bulunmaktadır. Kunming-Montreal Küresel Biyçeşitlilik Çerçevesi, gelecek nesiller için doğayı korumayı, iyileştirmeyi ve yeşil yatırımları teşvik etmeyi amaçlayan küresel hedefleri içermektedir. Kısaca 30 x 30 olarak ifade edilen 2030'a kadar küresel olarak kara ve deniz yaşamında bozulan ekosistemlerin yüzde 30'unun restore edilmesi hedefleniyor. Türkiye ise BM Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'nin 2024-2026 dönem başkanlığını yürütecek ve 2024'te düzenlenecek 16. Taraflar Konferansına (COP16) ev sahipliğı yapacaktır.

Daha önce de önemini vurguladığımız üzere, doğada mevcut olan her canlının doğal ekosistem içinde önemli bir görevi olduğunu ve bu ekosistemdeki halkaların biyçeşitlilik açısından doğada önemli bir denge unsuru olduğunu, her bir canlı popölasyonunun kontrolsüz artış ve azalışının diğere canlıların yaşamlarını etkileyecek yansımaları olduğunu/olacağını bilerek hareket etmemiz ve kararlarımızı buna göre vermemiz gerektiğinin altını çizmek isterim.

Bu kitapta biyçeşitlilik, tarım ve gıda kavramı, çok boyutlu ve multidisipliner bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Kitabın oluşturulmasına bilimsel katkı sunan, çalışmada emeğı geçen hocalarımıza ve çalışmaya destek veren TÜBA personeline teşekkür eder, kitabın faydalı olmasını temenni ederim.

Prof. Dr. Muzaffer ŞEKER

TÜBA Başkanı

FOREWORD

Biodiversity is one of the most current issues. When considered in terms of agriculture and food, the importance of biodiversity is of great importance, especially in terms of living life and its future. Unfortunately, in the last 60 years, our planet has witnessed a great loss of biodiversity all over the world. This great loss, which is the result of humanity's unconscious activities, has gained more momentum with the increase in invasive species, habitat loss, overuse and global warming caused by pollution. Global biodiversity loss is facing numerous threats, including the use of agricultural land for tourism or settlement, changes in land use such as changes in land structure due to drought and the disappearance of lakes, habitat loss and fragmentation, overuse of natural resources, pollution, the increase of invasive alien species, and climate change. Biodiversity loss includes the worldwide disappearance of different species, as well as the localized decline of species in a given habitat. Biodiversity loss can be temporary or permanent, depending on whether it is reversible through ecological restoration/ecological resilience or effectively permanent. Türkiye has a great biodiversity in terms of flora and fauna. The fact that we are located in the Mediterranean basin, which has the highest biodiversity loss worldwide, makes our country very vulnerable in terms of biodiversity loss. Climate change due to global warming poses a major threat to global biodiversity. Some studies indicate that habitat destruction due to the expansion of agriculture, as well as over-exploitation of wildlife, are the main drivers of biodiversity loss, with climate change among the most important drivers.

Biodiversity, which is essential for food security, consists of a large number of organisms that ensure the sustainability of the food and agricultural production system. Ecosystems that keep human health and the environment in balance are provided by biodiversity.

COP15 in Canada refers to the Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. The Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework includes global targets that aim to protect and restore nature for future generations and promote green investments. Briefly expressed as 30 x 30, the goal is to restore 30 percent of degraded ecosystems in land and marine life globally by 2030. Türkiye will hold the 2024-2026 presidency of the UN Convention on Biological Diversity and will host the 16th Conference of the Parties (COP16) in 2024.

As we have highlighted before, I would like to underline that every living thing in nature has an important role in the natural ecosystem and that the connections in this ecosystem are an important element of balance in nature in terms of biodiversity, and that we should act and make our decisions accordingly, knowing that the uncontrolled increase or decrease of each living population has / will have repercussions that will affect the lives of other living things.

This book deals with the concept of biodiversity, agriculture and food from a multidimensional and multidisciplinary perspective. I would like to thank our professors who contributed scientifically to the creation of the book, and TÜBA staff who supported the work, and I hope that the book will be useful.

Prof. Muzaffer ŞEKER
TUBA President

ÖNSÖZ

Biyçeşitlilik kavramı ve özellikle gıda güvenliği ve tarıma yansımaları insanoğlunun son yıllarda en fazla karşılaştığı kavram olmuştur. Genel anlamıyla biyçeşitlilik bir ekosistem, biyom veya tüm Dünya’da bulunan yaşam formlarının çeşitliliğini ifade etmektedir. Bu bağlamda bir ekosistemi oluşturan tüm unsurlar biyçeşitlilik bağlamında incelenmektedir. Ekosistemde işlev gören flora ve faunanın yanısıra yaşam için gerekli madde ve koşulların oluşumunda direk rol oynayan çevrenin biyotik etkenleri olan bakteri, mantar, vs. biyçeşitliliğin önemli unsurlarıdır.

Yabani floranın geniş ölçüde temsil edildiği sürdürülemez ekosistemlerde biyçeşitlilik kaybı oldukça hızlı cereyan etmektedir. Bu bağlamda sürdürülebilir ekosistemlere sahip topluluk ve ülkeler daha şanslı konumdadır. Herhangi bir ekosistemde biyçeşitlilik arttıkça o ekosistemin ekolojik hizmetleri de artmaktadır. Bu durum biyolojik çeşitliliği oluşturan türler arasında dengeli etkileşimin gerçekleşmesi durumunda daha da önem kazanmaktadır. Bu nedenle biyolojik çeşitlilik arttıkça, ekosistemlerdeki madde dolaşımı ve enerji akışları daha etkin halde gerçekleşir. Bunun aksine, ekosistemdeki biyolojik çeşitlilik azaldığında, ekosistem hizmetlerinde azalma olur.

Dünya genelinde farklı sebeplerle (istilacı türler, arazi kullanımı, iklim değişikliği, aşırı kullanım vb.) ciddi bir biyçeşitlilik kaybı yaşanmaktadır. Bu kayıptaki önemli itici güç ise bizi insanoğlunun kendisidir. Biyçeşitlilik konusunda son yıllarda hükümetler, sivil toplum örgütleri tarafından farkındalık oluşturmak amacıyla çeşitli aktiviteler gerçekleştirilmekte ve konu canlı tutulmaya çalışılmaktadır. Bu konuda başta üniversiteler olmak üzere bakanlıklar düzeyinde de çok önemli çalışmalar yürütülmekte ve ülke politikası şekillendirilmeye çalışılmaktadır. Aslında biyçeşitlilik ülkelerin sahip olduğu en önemli doğal kaynak ve paha biçilmez zenginlik olarak bilinmektedir. Bu doğal kaynağın ülke çıkarları konusunda etkin kullanımı tartışmasız büyük önem arz etmektedir.

Bu kitapta “Biyçeşitlilik, Tarım ve Gıda” konusunda uzman bilim insanları, Türkiye’de sürdürülebilir bir gelecek sağlamak için biyçeşitlilik odağında görüşlerini paylaşmıştır. Kitabın hazırlanmasında desteklerini esirgemeyen Sayın TÜBA Başkanı Prof. Dr. Muzaffer Şeker’e; Atatürk Üniversitesi Rektörü Prof. Dr. Ömer Çomaklı’ya; kitabın hazırlanmasına yazar olarak, hakem olarak destek olan hocalarımıza ve süreçleri takip eden TÜBA personeline teşekkür ederiz.

Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN

TÜBA Çevre, Biyçeşitlilik ve İklim Değişikliği
Çalışma Grubu Yürütücüsü

Prof. Dr. Kazim ŞAHİN

TÜBA Gıda ve Beslenme
Çalışma Grubu Yürütücüsü

Prof. Dr. Sezai ERCİŞLİ

TÜBA Çevre, Biyçeşitlilik ve İklim Değişikliği
Çalışma Grubu Üyesi

PREFACE

The concept of biodiversity, and especially its implications for food security and agriculture, has been one of the most important concepts that humankind has encountered in recent years. In general terms, biodiversity refers to the diversity of life forms found in an ecosystem, biome or the entire Earth. In this context, all elements that make up an ecosystem are examined in the context of biodiversity. In addition to the flora and fauna that function in the ecosystem, bacteria, fungi, etc., which are biotic agents of the environment that play a direct role in the formation of the substances and conditions necessary for life, are important elements of biodiversity.

In unsustainable ecosystems where wild flora is widely represented, biodiversity loss occurs quite rapidly. In this context, communities and countries with sustainable ecosystems are more fortunate. As biodiversity increases in any ecosystem, the ecological services of that ecosystem also increase. This situation gains even more importance in the case of balanced interaction between the species that make up biodiversity. Therefore, as biodiversity increases, the circulation of matter and energy flows in ecosystems become more efficient. Conversely, when biodiversity in ecosystems decreases, there is a decrease in ecosystem services.

There is a significant loss of biodiversity worldwide for a variety of reasons (invasive species, land use, climate change, over-exploitation, etc.). The major driving force behind this loss is humankind itself. In recent years, various activities have been carried out by governments and non-governmental organizations to raise awareness on biodiversity and to keep the issue alive. Very important studies are also being carried out at the level of ministries, especially universities, on this issue and national policy is being shaped. In fact, biodiversity is known as the most important natural resource and priceless wealth that countries possess. The effective use of this natural resource in the interests of the country is indisputably of great importance.

Scientific research is conducted for reasons such as eliminating social doubts, avoiding repetition, etc. It is no coincidence that countries with strong economies are also strong in the scientific arena.

In this book, experts and respected scientists on “Biodiversity, Agriculture and Food” have shared their views on biodiversity to ensure a sustainable future in Türkiye. We would like to thank Prof. Muzaffer Şeker, President of TÜBA; Prof. Ömer Çomaklı, Rector of Atatürk University; our academicians who supported the preparation of the book as authors, referees and TÜBA staff who followed the processes.

Prof. Mehmet Emin AYDIN

TÜBA Environment, Biodiversity and Climate Change
Working Group Chair

Prof. Kazım ŞAHİN

TÜBA Food and Nutrition
Working Group Chair

Prof. Sezai ERCİŞLİ

TÜBA Environment, Biodiversity and Climate Change
Working Group Member



İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TARIMSAL BİYOÇEŞİTLİLİĞE ETKİSİ

CLIMATE CHANGE AND ITS IMPACT ON AGRICULTURAL BIODIVERSITY

Levent ŞAYLAN

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TARIMSAL BİYOÇEŞİTLİLİĞE ETKİSİ

Levent ŞAYLAN

İstanbul Teknik Üniversitesi

Özet

İklim geçmişten günümüze kadar değişmiştir ve gelecekte de değişecektir. Ayrıca, iklim değişikliği günümüzün en önemli küresel problemlerden biridir. Özellikle dünyada sanayileşmenin başlaması ve fosil yakıt kullanımının artmasından sonraki dönemde, küresel ve bölgesel iklimlerdeki bu antropojenik etkiler dikkat çekicidir ve ne yazık ki halen devam etmektedir. Atmosferdeki sera gazı konsantrasyonunun günümüzdeki seviyesi çok yüksektir ve bunun durdurulması, azaltılması gerekmektedir. Dolayısıyla, bu değişimin, tarımsal biyoçeşitlilik üzerinde sonuçları olacaktır. Biyoçeşitliliğin bileşenleri arasında bulunan bitkiler ve hayvanlar da bu değişime ya uyum sağlayacaklar veya bundan farklı şekillerde etkileneceklerdir. Bu çalışmada, iklim değişikliğinin, biyoçeşitliliğin bileşenlerinden tarım sektörüne ve bu sektörde de bilhassa bitkisel verime olası etkileri üzerinde durulmuştur. Bu çerçevede, hem iklim değişikliğinin tarımda verime ve dolayısıyla üretime yapabileceği etkiler, hem de tarımın iklim değişikliğindeki rolünden bahsedilmiştir. Bilhassa, yaptığımız araştırmalardan elde ettiğimiz sonuçlara göre, gelecekte tarım alanında ülkemizde meydana gelebilecek riskler ve bazı bitkilerin iklim değişikliğinden olası etkilenme potansiyelleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler

İklim değişikliği, Küresel Isınma, Tarım, Tarımsal Meteoroloji

CLIMATE CHANGE AND ITS IMPACT ON AGRICULTURAL BIODIVERSITY

Levent ŞAYLAN

Istanbul Technical University

Abstract

The climate has changed from past to present and will continue to change in the future. Additionally, climate change is one of the most important global problems today. Especially in the period after the beginning of industrialization in the world and the increase in fossil fuel use, these anthropogenic effects on global and regional climates are remarkable and unfortunately continue. The current level of greenhouse gas concentration in the atmosphere is very high and needs to be stopped and reduced. Therefore, this change will have consequences for agricultural biodiversity. Plants and animals, which are among the components of biodiversity, will either adapt to this change or be affected by it in different ways. This study has focused on the possible effects of climate change on agriculture, which is one of the important components of biodiversity, and especially on crop yield. In this context, both the effects of climate change on yield in agriculture and the role of agriculture in climate change have discussed. In particular, the risks that may occur in the field of agriculture in our country in the future and the potential of some plants to be affected by climate change have been revealed based on some of our research results.

Keywords

Climate change, Global warming, Agriculture, Agricultural meteorology

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu'na (FAO) göre (1999), tarımsal biyoçeşitlilik, “bitkisel üretim, hayvancılık, ormancılık ve balıkçılık dahil olmak üzere gıda ve tarım için doğrudan veya dolaylı olarak kullanılan hayvan, bitki ve mikroorganizmaların çeşitliliği ve değişkenliği” olarak tanımlanmaktadır. Biyoçeşitlilik ve iklim değişikliği ilişkisi karmaşıktır ve günümüzde hala bu ilişkinin çözülmesi için araştırmalar sürmektedir.

İklim değişiminin biyolojik çeşitliliğinin itici gücü olduğu bazı araştırmacılar tarafından vurgulanmaktadır (Fishlin vd., 2007). Bu nedenle biyolojik çeşitlilik, iklim ile yakından ilişkilidir, ancak biyoçeşitliliği kontrol eden bileşen, sadece iklim değildir. Dolayısıyla, iklim ve onun değişimi, tarımsal biyoçeşitliliği düzenleyen, fakat genellikle de tarafımızdan kontrol edilemeyen bileşenlerden biridir.

Bu çalışmada, iklim değişikliğinin tarımsal biyoçeşitliliğe olası etkileri ile ilgili bilhassa bitkilerin verimi ile ilgili ülkemizde yaptığımız bazı araştırmaların sonuçları sunulmuştur.

2. BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK - İKLİM İLİŞKİSİ

İklimde meydana gelen değişimler ve bunun neden olduğu hava olaylarındaki değişikliklere bağlı olan birçok döngü, dünyada sadece etkilediği yer ile sınırlı kalmayan küresel etkiler yaratabilmektedir. Karada, havada ve suda bulunan canlı ve cansızlar, temasta bulunduğu hava ve bu havadaki fiziksel veya kimyasal değişimlerin kaçınılmaz sonuçlarına uyum sağlamak, değişmek durumundadır. Geçmişten günümüze bu böyle devam etmiştir. Gelecekte de bu böyle olacaktır. Ancak özellikle sanayileşmenin başladığı yıllardan sonra iklime, doğal olmayan (insan oğlunun yapmış olduğu) yapay etkiler, doğal değişimi bozmuştur ve bozmaya devam etmektedir. Bunun ana nedenlerinden biri, dünyada meydana gelen bazı doğal çevrimlerin süresinin insanoğlu tarafından değiştirilmesidir.

Atmosferde bulunan gerçekte dünyamızın sıcaklığının belirli bir değerde olmasını sağlayan sera gazlarının konsantrasyonunun artması, doğal olmayan iklim değişikliğinin bir sonucu olarak görülmektedir. Bu gazların atmosferdeki konsantrasyonlarının yapay etkiler ile artması, küresel ısınmaya ve bunun sonucunda iklimlerin değişmesine neden olmuştur. Bu durum buzulların erimesine, suyun daha fazla ısınmasına, deniz su seviyelerinin artmasına, orman yangınlarına, sel felaketlerine, kuraklığa vb. birçok olaya neden olmuştur ve ne yazık ki bu iklim kaynaklı olayların sayısı geçmişten günümüze artmıştır. Bununla birlikte gelecek için iklim modelleri kullanılarak yapılan tahminler çerçevesinde, ülkelerin hangi riskler ile karşılaşacakları araştırmacılar tarafından ortaya konulmaktadır. Burada en önemli sorun, tarım alanındaki risklerin gelecek için belirlenmesidir. Zira tarım, sadece bitkisel üretimden meydana gelmez. Hayvansal üretim de bunun önemli bir bileşenidir. Toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı, mikroorganizmalar, bitkisel ve hayvansal hastalık ve zararlılar, kuraklık

veya seller, sıcak veya soğuk hava dalgaları vb. iklimi oluşturan bileşenlerin değişiminden etkilenirler. Burada önemli olan; bu etkinin ne kadar, ne zaman olacağı ve nasıl önlem alınması gerektiğidir.

İklim değişikliği ile ilgili raporlar yayınlayan uluslararası kuruluşlar iklim değişimindeki artışların biyolojik çeşitlilikte kayıplara neden olabileceğini ve bunun da gıda güvenliğine, sosyal hayata, sağlığa olumsuz etkilerde bulunabileceğini vurgulamaktadır (IPCC, 2022a,b). Mesela, Nunez vd., (2020), Asya'daki bazı ülkelerde farklı iklim senaryolarının çayır mera (otlak) alanlarına 2100 yılına kadar olası etkilerini incelemişler ve bu alanlardaki biyolojik çeşitliliğin, kötümser iklim senaryosuna göre (SSP5-RCP5.5), yaklaşık %50'sinin zarar göreceğini ve arazi kullanımı ile iklim değişikliğinin etkilerinin önemini vurgulamışlardır. IPBES (2019a,b), iklim değişikliğinin gelecekteki etkilerinin, iklim senaryolarına ve coğrafi bölgeye bağlı olarak değişebilecek etkilerde bulunmakla birlikte, önümüzdeki on yıllarda daha belirgin hale geleceğini öngörmektedir. Yine aynı raporlarda, iklim değişikliği ile ilgili senaryolara göre, çoğunlukla iklim değişikliğinin biyoçeşitlilik üzerinde olumsuz etkilere neden olabileceği ve biyolojik çeşitlilik ve ekosistem işleyişinin, artan küresel ısınmayla katlanarak kötüleşeceği öngörülmektedir. Buna ilave olarak, küresel ısınmanın 1,5°C ile 2°C artmasının, karadaki türlerin çoğunluğunun azalmasına neden olacağı belirtilmektedir. IPCC'nin (2022) 6. raporunda da belirtildiği gibi, iklim değişikliği dünyada kara, deniz ve tatlı su ekosistemlerini değiştirmiş, yerel türlerin kaybolmasına, hastalıkların artmasına, bitki ve hayvanlarda kitlesel ölüm olaylarına, ekosistemin yeniden yapılanmasına, yanan alanların artmasına neden olmuştur. Bunun sonucunda ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplar meydana gelmiştir.

İklimde en duyarlı türler ve ekosistemler özellikle iklim değişiminden ve ekstrem iklim olaylarından olumsuz etkilenmektedirler. İklim değişimine en hassas ekosistemlerden biri tarımdır ve tarımdaki değişim gıda güvenliği sorununa neden olabilir. Yine IPCC (2022a,b), tarafından, yakın vadede küresel ısınmanın 1,5 °C'ye ulaşacak olması nedeniyle, çok sayıda iklim tehlikesinde kaçınılmaz artışlar olacağı, ekosistemler ve insanlar için çok sayıda risk ortaya çıkacağı vurgulanmıştır. Yakın vadedeki ısınma ve aşırı olayların sıklığı, şiddeti ve süresinin artması, pek çok kara, tatlı su, kıyı ve deniz ekosistemini yüksek veya çok yüksek biyolojik çeşitlilik kaybı riskiyle karşı karşıya bırakacağı vurgulanmaktadır. Son yıllarda ülkemizde de artan aşırı hava olayları bunun göstergelerinden biridir. Küresel ısınmayı 1,5°C'ye yakın bir değerde sınırlandıracak eylemlerin, küresel ısınmayla ilgili öngörülen kayıp ve zararları önemli ölçüde azaltacağı belirtilmektedir. Bu kapsamda, hazırlanan IPCC (2022a,b) raporunda, biyoçeşitliliğin kaybı ve bozulması, ekosistemlerin zarar görmesi ve dönüşümün, temel riskler olduğunu ve küresel ısınmanın her artışıyla birlikte bu zarar ve bozulmanın da artmaya devam edeceği vurgulanmaktadır. Karasal ekosistemlerde, türlerin 1,5°C'lik küresel ısınma durumunda %3 ila 14'ünün çok yüksek bir yok olma riskiyle karşı karşıya kalabileceği tahmin edilmektedir. Bu riskin, mesela 5°C'de %3 ila %48'e kadar artacağı öngörülmektedir (IPCC, 2022a,b).

İklim değışikliğı, özellikle hassas bölgelerde gıda üretimi ve erişimi üzerinde giderek daha fazla baskı oluşturacak ve gıda güvenliğı ve beslenmeyi zayıflatacaktır. Kuraklık, sel ve sıcak hava dalgalarının sıklığı ile yoğunluğundaki artışlar ve deniz seviyesindeki yükselişin devam etmesi, hassas bölgelerde gıda güvenliğine yönelik riskleri 1,5°C ila 2°C küresel ısınma seviyesi arasında orta seviyeden yüksek riske doğru artıracaktır (IPCC, 2022a,b). Küresel ısınmanın daha da artması durumunda, gıda güvenliğı risklerinin ve bunun bir sonucu olarakta yetersiz beslenme probleminin ortaya çıkması beklenmektedir.

3. TARIMSAL METEOROLOJİ – İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Dünyada uzun yıllardır tarım ile meteoroloji ilişkisini araştıran bir bilim dalı vardır. Bu, **“Tarımsal Meteoroloji”** bilim dalı hem meteoroloji hem tarım ile ilgili bilgileri analiz etme imkânı sağlayan, tarımın iklim ve meteorolojik faktörlerdeki değişimden nasıl etkilenebileceğini, ne gibi önlemler alınması gerektiğini, aynı zamanda tarımın iklimi nasıl etkilediğini, bu etkinin olumlu yönde nasıl değiştirilebileceğini araştıran ve günümüzde önemi daha da iyi anlaşılan ve gelecekte daha da önemli olacak bir bilim dalıdır.

Bu çalışmada, dünyada yapılan bazı çalışmalar yerine, ülkemizde tarafımızdan yapılan ve iklim değışikliğinin tarımsal biyoçeşitliliğe özellikle bitkisel üretime yapabileceğı etkiler ile ilgili sonuçlar sunulacaktır.

4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TARIMSAL BİYOÇEŞİTLİLİĞE OLASI ETKİLERİ

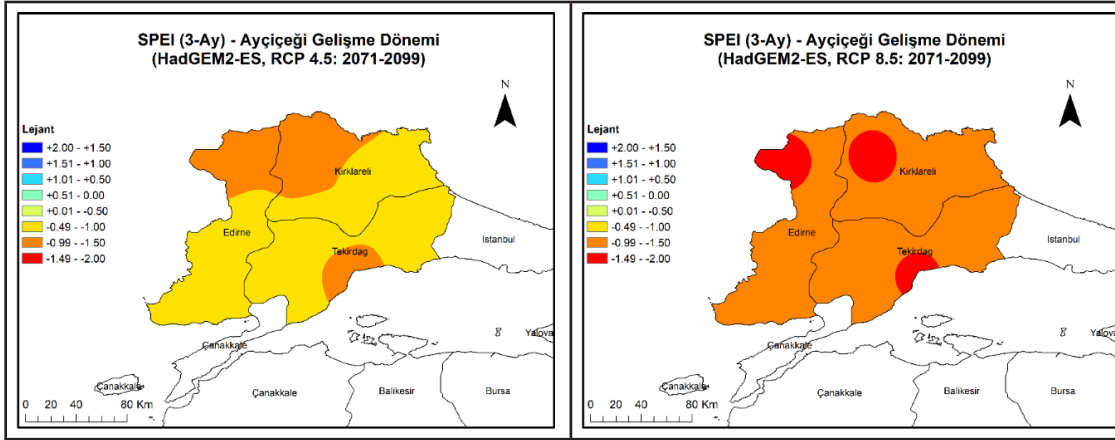
İklim değışikliğinin yakın veya uzak gelecekte tarımsal biyoçeşitliliğe özellikle bitkisel üretime yapabileceğı etkiler, farklı yöntemler ile dünyada analiz edilmektedir. Bu yöntemler genellikle bitki gelişimini benzeten modeller veya istatistiksel yaklaşımlara dayanmaktadır. Her iki yönteminde avantaj ve dezavantajları vardır. Trakya’da bu kapsamda birçok araştırma yapılmıştır (Çaldağ ve Şaylan, 2005; Kaya vd., 2018; Aydın vd., 2018; Şaylan vd., 2017, 2018). Bu çalışmada ülkemizde Trakya’da bazı bitkiler üzerinde yaptığımız meteorolojik, bitki ve toprak ile ilgili uzun süreli ölçümler, gözlemler ve bunlara dayanarak geliştirilmiş modellerin ülkemiz şartlarında kontrolünden sonra, iklim değışikliğinin bu bitkilere gelecekte yapabileceğı etkiler analiz edilmiştir (Yeşilköy, 2020; Şaylan ve Yeşilköy, 2021). Bu kapsamda dünyada yaygın olarak kullanılan farklı bitki gelişimi simülasyon (iklim değışikliğı etki) modellerinden yararlanılmıştır. Trakya’da, İstanbul Teknik Üniversitesi ve Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü işbirliği ile, TÜBİTAK tarafından desteklenen bir araştırmada, iklim değışikliğinin Trakya’da, Kırklareli, Edirne, Tekirdağ’da buğday, mısır ve ayçiçeğinin yaygın olarak yetiştirilen kültür tiplerine olası etkileri, bitki iklim modelleri kullanılarak analiz edilmiştir (Şaylan vd. 2012a). Yapılan analizler, bu illerde iklim değışikliğinin genel olarak verimi olumsuz etkileyeceğini öngörmektedir. Aynı şekilde yine Trakya’da yapılan bir diğer araştırmada

ayçiçeği bitkisinin veriminin iklim değişikliğinden nasıl etkilenebileceği DSSAT modeli kullanılarak araştırılmış ve gelecek iklim simülasyonları sonucunda ayçiçeği veriminin Trakya’da ortalama %17 oranında azalabileceği öngörülmüştür (Yeşilköy, 2020; Şaylan ve Yeşilköy, 2021). Buna benzer şekilde kışlık buğday veriminin Edirne ve Kırklareli’nde %29 azalacağı, ancak Tekirdağ’da ise %25 civarında artabileceği modellenmiştir (Yeşilköy, 2020). Bu araştırmalar, ilgili bitkilerin arazide yetiştirilmesi, birkaç gelişme dönemi boyunca, meteorolojik, toprak, bitki ve tarımsal faaliyetler ile ilgili ölçüm ve gözlemlerin yapılmasına ve bu verilere dayanarak model veya modellerin test edilip, gerekirse düzeltilmesine ve 2099’a kadar üç iklim değişikliği modelinin (EC-EARTH, HadGEM2-ES ve IPSL-CM5A-MR) RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına dayanmaktadır. Buna göre, Yeşilköy (2020) ve Yeşilköy ve Şaylan (2021) tarafından Trakya’da bir ilde gelecekteki olası iklimin nasıl değişebileceği ve bunun bitkilere etkileri modellenmiştir (Tablo 1). Trakya’da yapılan bu araştırmada, farklı modeller kullanılarak bitkilerin veriminin gelecekteki değişimi analiz edilmiş ve verimin genel olarak azalacağı belirlenmiştir. Tablo 1’de, bitki gelişimi simülasyon modellerden birinin RCP4.5 ve RCP8.5 iklim senaryoları için sonuçları verilmiştir. Kırmızı oklar verimde azalmayı, mavi oklar ise verimde artmayı göstermektedir. Verimde meydana gelen artış ve azalış miktarları ile ilgili detaylı bilgilere, Şaylan ve ark. (2012), Yeşilköy ve Şaylan (2021) ve Yeşilköy’den (2020) ulaşılabilir.

Tablo 1. Trakya’da İklim Değişikliğinin Ayçiçeği Verimine Olası Etkileri

Ayçiçeği	DSSAT RCP4.5			DSSAT RCP8.5		
	2020-2040	2041-2070	2071-2099	2020-2040	2041-2070	2071-2099
Kırklareli	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Edirne	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Tekirdağ	↓	↓	↑	↑	↓	↓

Bunlara ilave olarak, kuraklığın gelecekte Trakya’da artabileceği belirlenmiştir. Şekil 1’de, SPEI kuraklık indeksi ile Trakya’da RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre gelecekteki kuraklık öngörülleri sunulmuştur. Negatif değerlerin artması kuraklık şiddetinin artacağını göstermektedir. Farklı kuraklık indekslerine göre, kuraklığın bölgede 2051-2099 yılları için RCP 4.5 senaryosunda artacağı öngörülmüştür (Yeşilköy ve Şaylan, 2022).



Şekil 1. Trakya'da farklı iklim senaryolarına göre kuraklık durumu (Yeşilköy, 2020).

5. TARIMIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE ETKİSİ

Tarım, hem bitkisel hem de hayvansal üretim ile iklim değişikliğine etkide bulunmaktadır. Ülkemizde ve dünyada tarımdan kaynaklanan ve atmosfere sera gazı emisyonuna neden olan en önemli kaynaklardan biri hayvanlardır. Hayvanlardan çıkan gaz, katı ve sıvı atıklar sera gazı emisyonlarına neden olurken, diğer yandan ülkeden ülkeye değişmekle birlikte genelde toprak bir diğer önemli emisyon kaynağıdır. Tarımsal amaçla kullanılan gübreler, çeltik yetiştirilmesi, anız yakılması gibi faaliyetler ulusal ve küresel ölçekte sera gazı bütçesini etkilemektedir. Tarımdan kaynaklanan ve atmosfere verilen bu sera gazı emisyonlarının ve/veya yutaklarının uluslararası kabul gören yöntem ve teknoloji ile belirlenmesi gereklidir. Başka ülkelerde ve çoğunlukla gelişmiş ülkelerde, farklı biyoçeşitliliğe sahip şartlarda belirlenen sera gazı emisyon ve yutak katsayılarının kullanılmasından uzaklaşmak için, bu konudaki araştırmaların artırılması faydalı olacaktır. Ülkemizde tarım alanındaki biyoçeşitliliğin, sadece iklimden nasıl etkilendiği değil, iklimi nasıl etkileyeceği de dikkate alınmalıdır. Tarımın iklim değişimini nasıl etkilediği ile ilgili ülkemizde uygulamalı çalışmaların öncülerinden biri Trakya'da Şaylan ve ark. (2012b) tarafından yürütülmüş ve buğday bitkisinin karbon emisyon ve yutak değerleri belirlenmiştir (Semizoğlu ve ark., 2011). Bu konudaki araştırmalar halen devam etmektedir.

6. SONUÇ

Sanayi çağı başlangıcından günümüze kadar yaklaşık 1,2 °C ısınan dünyada, ülkeler sera gazı emisyonlarını azaltmadıkça sıcaklıklar daha da yükselmeye devam edecek ve daha fazla aşırı iklim olayları ile karşı karşıya kalınacak ve bu durum biyoçeşitliliği de etkileyecektir. Aksi durumda gelecek yıllar iklimin etkilerini dünyamızda birçok yerde daha şiddetli ve yoğun olarak görmemiz mümkündür.

İklim değişikliği denince, sadece sıcaklık artışlarından bahsedilmesi bir yanılgıdır. Zira sıcaklık, iklimin ve onun değişiminin bileşenlerinden sadece biridir. Güneş radyasyonu, yağış, rüzgâr ve diğer meteorolojik değişkenler de, hem dünya hem de ülkemiz biyoçeşitliliğini yakın, orta ve uzun vadede etkileyecektir. Bu etkinin derecesi ve alınması gereken önlemlerin belirlenmesi son derece önemlidir. Yapılan tahminler, ekstrem hava olaylarının sayısının gelecekte daha da artabileceğini göstermektedir. Bu durumun tarımsal biyoçeşitlilik ve ülkemiz tarımsal üretimi açısından önemli olan yer ve bitkilerden başlanarak her yer ve bitki için ayrı ayrı analiz edilmesi, risklerin öngörülmesi ve alınacak önlemlerin belirlenmesi bakımından son derece elzemdir.

Artacak sıcaklıklar ile don olayının daha az meydana gelebileceği, mevcut bitki türlerinin sadece sıcaklık açısından bakıldığında daha erken hasat aşamasına gelecekleri, gelişme dönemlerinin ve fenolojik aşamaların meydana gelme zamanlarının değişebileceği öngörülebilir. Sıcak hava dalgalarının sayısı ve frekansı, meydana gelme zamanları, yağışların miktar ve zamanlamasında meydana gelen değişimlerin, bitkisel ve hayvansal üretime yapabileceği etkileri detaylı bir biçimde belirleyip, çözümler üretilmelidir ve bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

İklimde halen meydana gelen ve gelecekte daha da artması öngörülen değişikliklere ülkemiz tarımının hangi sınır değerlere kadar direnç gösterebileceği, olumlu veya olumsuz nasıl etkilenebileceği belirlenmelidir ve bu konuda yapılan ve yapılacak araştırmalara destek sağlanarak, araştırmaların sonuçları uygulamaya aktarılmalıdır. Bitkisel üretim ile atmosfer arasındaki gaz ve enerji akılarındaki değişim dünyada mikrometeorolojik yöntemler ile ölçülüp analiz edilmelidir. Ülkemizde de bu araştırmaların artırılmasında yarar vardır.

Teşekkür

Bu çalışmada sunulan araştırmaların yapılmasında desteklerinden dolayı, İstanbul Teknik Üniversitesi'ne ve Kırklareli'nde bulunan Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve projeye katkıda bulunan Enstitü'nün tüm çalışanlarına, ayrıca bu projelerin yapıldığı tarihlerde işbirliği yaptığımız ve birçoğunda beraber çalıştığımız Dr. Fatih Bakanoğluları'na, bu araştırmalarda çalışan tüm öğrencilerime, teşekkürü borç bilirim.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Aydın, M., Özmen, İ., Akataş, N., Çaldağ, B., Şaylan, L. (2018). Determination of Sensitivity of the Winter Wheat Crop to Meteorological Factors by DAISY Model, *International Journal of Crop Science and Technology*, 4, 44-48.
- Çaldağ, B., Şaylan, L. (2005). Sensitivity Analysis of the CERES-Wheat Model for Variations in CO₂ and Meteorological Factors in Northwest of Turkey, *Int. J. Env. Poll.*, 23, 3, 300-313.
- FAO, (1999). Agricultural Biodiversity, Multifunctional Character of Agriculture and Land Conference, Background Paper 1. Maastricht, September, Netherlands.
- Fischlin, A., Midgley, G.F., Price, J.T., Leemans, R., Gopal, B., Turley, C., Rounsevell, M.D.A., Dube, O.P., Tarazona, J., Velichko, A.A., (2007). Ecosystems, their properties, goods and services. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson, C.E. (eds.), *Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 211-272.
- IPBES, (2019a). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1148 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>.
- IPBES, (2019b). Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 2019. Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. Díaz S, Settele J, Brondizio ES, Ngo HT, Guèze M, Agard J, Arneth A, Balvanera P, Brauman KA, Butchart SHM, Chan KMA, Garibaldi LA, Ichii K, Liu J, Subramanian SM, Midgle GF, Miloslavich P, Molnár Z, Obura D, Pfaff A, Polasky S, Purvis A, Razzaque J, Reyers B, Roy Chowdhury R, Shin YJ, Visseren-Hamakers IJ, Willis KJ, and Zayas C N, eds. IPBES secretariat, Bonn, Germany. pp. 56.
- IPCC, 2022a. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press.
- IPCC, 2022b. Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-33, doi:10.1017/9781009325844.001.
- Kaya, S., İnan, E., Altınbaş, N., Çaldağ, B., Şaylan, L. (2018). Investigation of the Nitrogen Content of Wheat According to Changing Meteorological Factors by Hermes Model, *International Journal of Crop Science and Technology*, 3, 37-44.

- Nunez, S., Alkemade, R., Kok, K. et al., (2020). Potential biodiversity change in Central Asian grasslands: scenarios for the impact of climate and land-use change. *Reg Environ Change*, 20, 39. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01619-4>.
- Semizoğlu, E., Şaylan, L., Çaldağ, B., Bakanoğulları, F., Özkoca, Y., Çaylak, O. (2011). Mikrometeorolojik Bir Yöntemle Buğday Bitkisinin Karbondioksit Akılarının Ölçülmesi. *V. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, 27-29 Nisan, İstanbul, 387-394.
- Şaylan, L, Çaldağ, B, Bakanoğulları, F., (2012a). İklim değişikliğinin bitki gelişimine olası etkilerinin bitki iklim modelleri ile araştırılması. *Sonuç raporu. TÜBİTAK ve COST-734 Projesi (1080567)*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Meteoroloji Muh. Bölümü.
- Şaylan, L., Çaldağ, B., Kaymaz, Z., Bakanoğulları, F., (2012b). “Buğday Bitkisinin CO₂, H₂O ve Enerji Akılarının Belirlenmesi” Projesi. *TÜBİTAK 1001 Projesi sonuç raporu*.
- Şaylan, L., Çaldağ, B., Bakanoğulları, F., Akataş, N., Yeşilköy, S., Aslan, T. (2017). Comparison of Simulation Models For Determination of Future Wheat Yields in Thrace, Turkey. *Agriculture Food Journal Int, Sci. Publications* (Yayın No: 4786757)
- Şaylan, L., Özkoca, Y., Çaldağ, B., Bakanoğulları, F. (2018). Comparison of Micrometeorological Methods Used for the Determination of Actual Evapotranspiration, *Int. J. of Crop Sci. and Technology*. (Yayın No: 4668128)
- Yeşilköy, S., (2020). Trakya’da su ayak izinin tarımsal ekosistemde belirlenmesi ve modellenmesi, *Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Atmosfer Bilimleri Programı, İstanbul Teknik Üniversitesi* (Danışman: Prof.Dr. Levent ŞAYLAN), s. 267.
- Yeşilköy, S., Şaylan, L., (2021). Yields and water footprints of sunflower and winter wheat under Different Climate Projections, *Journal of Cleaner Production*, 298, 126780. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126780>.
- Yeşilköy, S., Şaylan, L., (2022). Spatial and temporal drought projections of northwestern Turkey. *Theor Appl Climatol*, 149, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04029-0>

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Levent ŞAYLAN | İstanbul Teknik Üniversitesi |
saylan[at]itu.edu.tr | ORCID: 0000-0003-3233-0277**

İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği öğretim üyesidir ve Tarımsal Meteoroloji konularında 34 yıldır araştırmalar yapmaktadır. İklim değişikliğinin tarıma, tarımın iklim değişikliğine etkileri; meteorolojik kaynaklı doğal afetler (kuraklık, dolu, don vb.) ve tarımsal etkileri; bitki-iklim modelleriyle gelecekteki verim tahmini; tarım, orman ve su kaynaklarının sera gazı bütçelerinin belirlenmesi; uygulamalı mikrometeoroloji, hidrometeoroloji, buharlaşma ve meteorolojik ölçüm sistemleri, araştırma ilgi alanlarıdır. Avusturya, Almanya, Hollanda ve Japonya’da tarımsal meteoroloji alanında araştırmalar yapmıştır. COST, Horizon 2020 gibi Avrupa Topluluğu projelerinde yer almış ve almaktadır. Muhtelif yıllarda Meteoroloji Mühendisliği Bölüm Başkan yardımcılığı, İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Dekan yardımcılığı görevlerini yapmıştır. İTÜ İklim Değişikliği UYGAR Merkezi yönetim kurulu üyesidir. SCI’da yer alan iki bilimsel derginin editörler grubunda yer almaktadır. Ulusal ve uluslararası toplam 23 proje tamamlamıştır. Günümüze kadar ulusal ve uluslararası 200’ün üzerinde makale ve bildirisi yayınlanmıştır.

**Prof. Dr. Levent ŞAYLAN | İstanbul Technical University |
saylan[at]itu.edu.tr | ORCID: 0000-0003-3233-0277**

He is a faculty member of Meteorological Engineering at Istanbul Technical University (ITU) Faculty of Aeronautics and Astronautics and has been conducting research on Agricultural Meteorology for 34 years. His research interests are: the effects of climate change on agriculture and agriculture on climate change; meteorological natural disasters (drought, hail, frost, etc.) and their agricultural effects; forecasting future yields by using crop-climate models; determination of greenhouse gas budgets (fluxes) of agriculture, forest and water resources; applied micrometeorology, hydrometeorology, evapotranspiration and meteorological measurement systems. He conducted research in the field of agricultural meteorology in Austria, Germany, the Netherlands and Japan. He took part in three European Community COST projects and one Horizon 2020 project. In various years, he served as Deputy Head of the Department of Meteorological Engineering and Deputy Dean of ITU Faculty of Aeronautics and Astronautics. He is a member of the Board of Directors of ITU Climate Change UYGAR Center. He is a member of the editorial group of two scientific journals in SCI. He has completed a total of 23 national and international projects. He has published more than 200 national and international publications (research articles and proceedings) until today.



İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BİTKİ GENETİK KAYNAKLARI ÜZERİNE ETKİSİ

THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON PLANT GENETIC RESOURCES

**Gülay BEŞİRLİ
Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU
Erdoğan OĞUR**

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BİTKİ GENETİK KAYNAKLARI ÜZERİNE ETKİSİ

Gülay BEŞİRLİ*, **Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU****, **Erdinç OĞUR*****

** Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, **Batman Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakùltesi, *** Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*

Özet

Sahip olduğu biyoçeşitlilik zenginliğı bakımından dünyanın minyatürü olan Türkiye’de toplam 144 Önemli Bitki Alanı (ÖBA) belirlenmiştir. Uluslararası kategoriler esas alınarak bu alanların koruma önceliğı üç adettir. Bunlar; çok acil (32 adet), acil (52 adet) ve zarar görebilir (60 adet) bölgelerdir. Her bitkinin yetişebildiğı belli iklim koşulları vardır. Bu koşullara ulaşamayan bitkilerin önce sağığı, verimi ve üretkenliğı olumsuz etkilenmekte olumsuz koşullar devam ettiğinde yaşamı tehlikeye girmektedir. Son yıllarda dünyayı etkisi altına alan iklim değışikliğinin etkileri tüm canlıların yaşamını etkilemektedir. Bu çalışma kapsamında önceliğı esas alınarak çok acil olan alanların 1950-2099 yılları arasında yağış ve sıcaklık değışimleri ortaya konularak bitki biyoçeşitliliğı üzerine olası etkileri tartışılmıştır. Çalışmada iklim projeksiyonları veri seti olarak NEX-GDDP-CMIP6 (NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Climate Projections) kullanılmıştır. CMIP6 veri setindeki her bir görüntüde bulunan bandlar elde edilmiştir. Görüntülerin çözünürlüğü, 27.830 metredir. Model olarak; HadGEM3-GC31 modeli kullanılmıştır. Kara yüzeylerinde model çözünürlüğü, 0,25°’dir. Senaryo olarak, RCP4.5’un güncellenmiş versiyonu olan SSP245 kullanılmıştır. Trend Analizleri, Google Earth Engine ortamında, Javascript dili ile yazılan programlarla gerçekleştirilmiştir. Her bir OBA noktası için trend analizleri, Mann-Kendall yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Ayrıca trend eğilimlerinin şiddeti, Sen’s Slope analizleri ile yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Biyoçeşitlilik, Bitki genetik kaynakları, İklim değışikliği, İklim projeksiyonu, Trend analizleri

THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON PLANT GENETIC RESOURCES

Gülay BEŞİRLİ*, **Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU****, **Erdinç OĞUR*****

Atatürk Horticultural Central Research Institute, ** Batman University, Faculty Of Engineering And Architecture, * Aegean Agricultural Research Institute*

Abstract

The most important source of variation in breeding programs is biodiversity found in nature. A total of 144 Important Plant Areas (IPA) have been identified in Turkey, which is a miniature of the world in terms of its biodiversity richness. Based on international categories, these areas have three conservation priorities. These; These are very urgent (32), urgent (52) and vulnerable (60) areas. Every plant has certain climatic conditions in which it can grow. The health, productivity and productivity of plants that cannot reach these conditions are negatively affected, and when adverse conditions continue, their life is in danger. The effects of climate change, which has affected the world in recent years, affect the lives of all living things. Within the scope of this study, precipitation and temperature changes of very urgent areas between 1950 and 2099 were revealed and their possible effects on plant biodiversity were discussed, based on priority. NEX-GDDP-CMIP6 (NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Climate Projections) was used as the climate projections data set in the study. The bands in each image in the CMIP6 data set were obtained. The resolution of the images is 27830 meters. HadGEM3-GC31 model was used as a model. Model resolution on land surfaces is 0.25°. SSP245, the updated version of RCP4.5, was used as the scenario. Trend Analyzes were carried out in the Google Earth Engine environment with programs written in JavaScript language. Trend analyzes for each IPA point was performed with the Mann-Kendall method. In addition, the severity of trend tendencies was made with Sen's Slope analysis.

Keywords

Biodiversity, Plant genetic resources, Climate change, Climate projection, Trend analyses

1. GİRİŞ

Türkiye bitki zenginliği açısından dünyada kıta özelliği gösteren nadir ülkelerden birisidir. Avrupa kıtasında 12.000 civarında  i ekli bitki türü yeti ti i bilinirken ülkemizde bu sayı 10.000'in üzerindedir (Ekim, vd., 2000). Ülkemizin, biyoçeşitlilik açısından küçük kıta olarak tanımlanmasının nedenleri arasında;

- İ lim ve toprak açısından farklı niteliklere sahip farklı ekosistemler bulundurması,
- Farklı jeolojik tabakaların ve oluşumların yer alması,
- 0-5000 m arası yükselti farklılığının bulunması,
- Bitki gen merkezlerinden Yakındoğu ve Akdeniz Gen Merkezlerinin  akı tı ı alanda yer alması (dünyanın 8 gen merkezinden ikisi),
- Dünyanın bitki coğrafyası bakımından 37 fitoco rafik bölgeye ayrılması Türkiye'nin üç bitki coğrafya bölgesini (Avrupa-Sibirya, Akdeniz ve İran-Turan Bitki Coğrafya Bölgeleri) içermesi,
-  lkemizi kuzeydo udan Antakya'ya doğru ikiye bölen Anadolu Diyagonali'nin bulunması,
- Büyük buzul dönemlerinde Avrupa'nın kıtasal donmasına karşılık Anadolu'nun donmadan birçok canlıya sığınak olması,
- Anadolu'nun dünyada tarımın ilk yapıldığı yörelerden biri olması,
- Yüksek derecede bitki endemizmi bulunduran dünyada önemli ülkelerden biri olması,
- Türkiye'nin kültüre alınan pek çok bitki türünün çeşitlilik ve mikro gen merkezi olması (Karagöz vd., 2010; O ur, 2021).

Türk bilim insanlarının Türkiye florasını resimli ve Türkçe yazmasına başlamasıyla beraber Türkiye Bitkileri Listesi kitabında o yıla kadar literatürde var olan ülkemiz florasına ait damarlı bitkiler derlenmiş, geçerli taksonlar ve sinonimler saptanmıştır. Bu verilere göre Türkiye florası; 167 familya, 1321 cins, 10.036 tür, 11.707 damarlı bitki taksonu (alttür, varyete, hibrit) içermektedir ve bu taksonların 3.649'u (%31,82) endemiktir (Güner vd., 2012).

Türkiye florasının endemizim oranı %31,8 olup her yıl çok sayıda tür buna eklenmektedir. Bir kısmı dünya nüfusunun beslenmesinde önemli rol oynayan kültür bitkileriyle de ilişkili olan olağanüstü düzeydeki endemik tür sayısı, bunların yok olmadan korunmasının sağlanması bakımından, Türkiye  zerine büyük bir sorumluluk yüklemektedir.

Türkiye, iki önemli Vavilov gen merkezinin (Akdeniz ve Yakın Doğu) kesi ti i noktada yer almaktadır. Her iki gen merkezi de keten (*Linum usitatissimum* L.), soğan (*Allium cepa* L.) ve sarımsak (*Allium sativum* L.), arpa (*Hordeum vulgare* L.), buğday (*Triticum aestivum* L.),

yulaf (*Avena sativa* L.), nohut (*Cicer arietinum* L.), mercimek (*Lens culinaris* Medik.), bezelye (*Pisum sativum* L.), üzüm (*Vitis vinifera* L.), badem (*Amygdalus*) ve erik (*Prunus domestica*) gibi tarla ve bahçe bitkilerinin ortaya çıkmasında kilit bir role sahiptir ve bunların yabancı akrabalarını içermektedir. Türkiye’de 100’den fazla türün geniş varyasyon sergilediği, birçok tıbbi bitki ve meyve ağacı türleri gibi ekonomik açıdan önemli bitki türlerinin kaynağı veya çeşitlilik merkezi durumunda olan beş mikro-gen merkezi vardır. Bu mikro gen merkezleri, dünyada yaygın olarak yetiştirilen birçok bitki türünün gelecekteki sürdürülebilirliği için çok önemli genetik kaynaklar sunmaktadır (Karagöz & Muminjanov, 2019).

Türkiye bitki genetik kaynakları önemli bitki alanlarını belirlemek üzere yapılan çalışmalar Özhatay, Byfield & Atay (2005) ve Özhatay (2006) tarafından gerçekleştirilmiştir. İlk çalışmada toplam 122 adet önemli bitki alanı tespit edilmiş olup uluslararası kriterler esas alınarak çok acil, acil ve zarar görebilir olmak üzere 3 kategoriye ayrılmıştır. Daha sonraki çalışma; Türkiye’nin Bakü-Tiflis-Ceyhan Boru Hattınca önemli bitki alanlarını belirlemek üzere yapılmış olup toplam 22 adet ÖBA daha belirlenmiştir. Her iki çalışma sonunda toplam 32 adet çok acil, 52 adet acil ve 64 adet ise zarar görebilir alan belirlenmiştir.

Türkiye’de bitki genetik kaynaklarının toplanması, korunması ve değerlendirilmesi konusundaki çalışmalara dünya ile eşzamanlı olarak Cumhuriyetin ilk yıllarında başlanmıştır. Bu konuda ilk çalışmalar; Türk bilim insanı Dr. Mirza GÖKGÖL öncülüğünde ele alınmış ve Türkiye genelinde buğday genotipleri toplanmış, tanımlanmış ve koruma altına alınmıştır. Günümüzde Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü ve Orman Genel Müdürlüğü nezdinde ülke genelindeki bitki genetik kaynaklarını korumaya yönelik önemli projeler yürütülmekte ve etkili önlemler alınmaktadır. *Ex situ* koruma anlamında tohumlu bitkilerin tohumlarını muhafaza etmek üzere ilk gen bankası “Milli Gen Bankası” ismi ile 1964 yılında Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü bünyesinde kurulmuştur. Yangın, sel, deprem vb. afetlere yönelik risk faktörlerini dikkate alarak ikinci gen bankası 2010 yılında “Türkiye Gen Bankası” ismi ile Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü’nde kurulmuştur. Bu gen bankalarında toplam 120.000 adet genotipe ait tohumlar muhafaza edilmektedir. Bunun dışında meyve genetik kaynakları koleksiyon bahçeleri ve Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü’nde kurulan, Geofit Araştırma Merkezi bulunmaktadır. Bu merkezde, Türkiye’den toplanan 1181 takson geofit muhafaza edilmeye çalışılmaktadır (Kaya, 2014). Tohumu olmadığı için gen bankalarında muhafaza edilemeyen sarımsak (*Allium sativum* L.) gibi türler de vardır. Bu türe ait genotipler, aynı enstitüde yürütülmekte olan “Yenilebilir *Allium* spp. Genetik Kaynaklarının Muhafaza ve Değerlendirme Araştırma Projesi” kapsamında her yıl dikilip yenilenerek muhafaza edilmektedir. 2024 yılında başlayacak çalışmalar ile toplanan 44 farklı sarımsak genotipi dokuları; -196°C ve -140°C arasında sıvı azot içerisinde soğukta muhafaza (kreopreservasyon) tekniği ile muhafaza olanakları oluşturulacaktır (Beşirli vd., 2022; Oğur, 2022).

Tüm ülkeler, gıda ve tarım için bitki genetik kaynaklarına bağımlıdır. Bu kaynakların erozyonu dünya gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Kontrolsüz bir şekilde artan insan nüfusu ve dolayısıyla değişen üretim ve tüketim modelleriyle birlikte gıda için hızla büyüyen bir dünya talebi, tarımın gelenekselden modern ve yoğun sistemlere geçişini teşvik etmiştir. Son on yılda, dünya genelinde biyolojik çeşitlilik, tarımsal ekosistemler dahil tüm ekosistemlerde benzeri görülmemiş bir oranda kaybedilmiştir. Aynı zamanda, bozulmuş topraklar, su, ekilebilir arazi ve diğer kaynak kısıtlamaları üretimi zorlamakta ve iklim değişikliği gittikçe artan bir tehdit oluşturmaktadır (Lobell vd., 2008; Lobell vd., 2012). Arz ve talep arasında artış gösteren bu uyumsuzluk gelecekteki gıda güvenliği için ciddi kaygılara neden olmaktadır. 2050 yılına gelindiğinde, dünyanın çoğu, son zamanların en sıcak büyüme mevsimlerinden daha yüksek sıcaklıklara sahip olacak ve sıcaklıklardaki bu artışa muhtemelen daha değişken bir yağış eşlik edecektir (Battisti & Naylor, 2009). Bunlara ve diğer etkilere ek olarak, modellemeler, büyüme mevsiminin ortalama sıcaklığında 1°C ısınma başına %6-10'luk olası verim kayıplarını göstermektedir (Guarino & Lobell, 2011). Bu durum, dünyanın gelecekte önemli üretim kayıpları ile karşı karşıya olabileceği anlamına gelmektedir. Dünyanın bugün karşı karşıya olduğu çevresel tehlikeler arasında, belki de hiçbirisi küresel ısınmadan daha ciddi değildir. Uzun vadeli iklim değişikliğinin, tür kaybı ve genetik çeşitlilik açısından daha kötü sonuçlara yol açacağı tahmin edilmektedir (Kodoth, 2019).

Ülkemiz, besin zincirine katkı sağlamak amacı ile farklı kurum ve kuruluşlar ile özel sektör tarafından yapılan ıslah çalışmaları sonunda geliştirilerek T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Tohum Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü'nce tescil edilen çeşit listesi Tablo 1'de sunulmuştur (TTSM, 2023). Tescil edilen çeşitlerin %78,40'ı özel sektör, %20,05'i kamu ve %1,55'i üniversiteler tarafından tescil ettirilmiştir. Toplam tescil edilen çeşitlerin %64,55'i ise Milli Çeşit Listesi'nde yer almakta olup önemli ölçüde ülkemiz genetik kaynakları kullanılarak geliştirilen çeşitlerden oluşmaktadır.

Tablo 1. Türkiye'de Tescilli Çeşitler

Ürün Grubu	Kamuya Ait Tescilli Çeşit Sayısı (adet)	Özel Sektör Adına Tescilli Çeşit Sayısı (adet)	Üniversiteler Adına Kayıtlı Tescilli Çeşit Sayısı (adet)	Toplam Tescil Edilen Çeşit Sayısı (adet)	Milli Çeşit Listesi'nde Bulunan Tescilli Çeşit Sayısı (adet)
Tarla Bitkileri	1383	4135	118	5636	3858
Sebze	273	7610	16	7899	4467
Meyve	1439	356	100	1895	1639
Toplam	3095	12101	234	15436	9964

Küresel iklim modelleri veya Genel Dolaşım Modelleri, yükselen sera gazları emisyonlarına iklim sisteminin tepkisini göstermek için kullanılan, atmosfer, okyanus, kriyosferdeki ve arazi yüzeyindeki fiziksel süreçleri temsil eden araçlardır (Yıldırım ve Gürkan, 2016). Dünyada; iklim modelleri ve senaryolarının görüntülenmesi, Türkiye sınırlarını kapsayan görüntülerin eğilim analizleri için Google Earth Engine platformu yaygın olarak kullanılmaktadır (Gorelick vd., 2017). Bu platform, küresel ölçekli, farklı mekânsal çözünürlüklerde uydu görüntüleri, sayısal arazi modelleri, arazi yüzey sıcaklık değerleri, yağış, sıcaklık gibi iklim verilerinin yanı sıra, NEX-GDDP-CMIP6 gibi küresel iklim modelleri ve senaryo veri setlerini de veri kaynağı olarak sunmaktadır (Şimşek & Durduran, 2023). İklim değişikliğine bağlı meteorolojik kayıtlardaki artan veya azalan eğilimlerin belirlenmesi çalışmaları için ise; Mann-Kendall (MK) (Mann, 1945; Kendall, 1975), Sen'in eğimi (Sen, 1968) ve doğrusal regresyon eğilim testleri (Haan, 1977) yaygın olarak kullanılmaktadır (Güçlü, 2018).

Burada bulguları sunulan çalışmada, Önemli Bitki Alanları (ÖBA), iklim modeli ve senaryolarına göre öncelikle 1950-2099 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış görüntüleri ve bu görüntülerde ÖBA koordinatlarına ait değerler elde edilerek grafikler oluşturulmuştur.

İklim değişikliğine bağlı meteorolojik kayıtlardaki artan veya azalan eğilimlerin belirlenmesi için; (MK) (Mann, 1945; Kendall, 1975), Sen'in eğimi (Sen, 1968) ve doğrusal regresyon eğilim testleri (Haan, 1977) protokolleri esas alınarak oluşturulmuştur.

Eğilim Analizleri ve Mann-Kendall testleri, Google Earth Engine ortamında, Javascript dili ile yazılan programlarla gerçekleştirilmiştir. Her bir ÖBA noktası için eğilim analizleri, Mann-Kendall yöntemiyle gerçekleştirilmiş ve p değerleri ile Kendall Tau-b korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Ayrıca eğilimlerin şiddeti, Sen's Slope analizleri ile yapılmış ve Sen's Slope değerleri elde edilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmada iklim projeksiyon ve senaryo veri seti olarak NEX-GDDP-CMIP6 (NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Climate Projections) kullanılmıştır (Thrasher vd., 2021; Thrasher vd., 2022). Küresel iklim modeli olarak HadGEM3-GC31 modeli, senaryo olarak, RCP4.5'un güncellenmiş versiyonu olan SSP245 kullanılmıştır (Williams vd., 2017).

İklim modelleri ve senaryolarının görüntülenmesi, Türkiye sınırlarını kapsayan görüntülerin eğilim analizleri için Google Earth Engine platformu kullanılmıştır (Gorelick vd., 2017). Materyal olarak Türkiye Önemli Bitki alanları çok açıl kategorisine giren alanların koordinatları kullanılmıştır (Özhatay, 2005; Özhatay vd., 2006). Bunlar Tablo 2'de verilmiştir. Tabloda verilen sıra numaraları ilgili kaynaklarda verilen numaralar esas alınarak kullanılmıştır. İlgili kaynakta; ABA_002 için tanımlanan ikinci koordinat bu çalışmada; OBA_002_2 olarak adlandırılmıştır bu nedenle ana dokümanlarda bildirilen çok acil alan sayısı 33 ve toplam ÖBA sayısı ise 145 adet olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 2. Türkiye Önemli Bitki Alanları Çok Acil Kodlu Alanlar ve Konumları

Çok Acil Alan Kodları	Bölge İsimleri	Konum Koordinatları
OBA_002	Marmara Bölgesi	40°37'K 26°05'D
OBA_002_2	Marmara Bölgesi	40°36'K 26°50'D
OBA_003	Marmara Bölgesi	41°34'K 27°07'D
OBA_007	Marmara Bölgesi	41°15'K 28°52'D
OBA_008	Marmara Bölgesi	41°14'K 29°00'D
OBA_003	Marmara Bölgesi	41°05'K 28°42'D
OBA_011	Marmara Bölgesi	41°10'K 29°30'D
OBA_012	Marmara Bölgesi	41°00'K 29°12'D
OBA_021	Karadeniz Bölgesi	40°46'K 32°01'D
OBA_022	Karadeniz Bölgesi	40°50'K 32°26'D
OBA_035	Karadeniz Bölgesi	40°48'K 41°32'D
OBA_045	Ege Bölgesi	37°07'K 27°22'D
OBA_049	Akdeniz Bölgesi	36°45'K 28°47'D
OBA_052	Akdeniz Bölgesi	35°05'K 28°49'D
OBA_061	Akdeniz Bölgesi	37°48'K 29°48'D
OBA_063	Akdeniz Bölgesi	36°51'K 30°44'D
OBA_064	Akdeniz Bölgesi	36°51'K 31°00'D
OBA_067	Akdeniz Bölgesi	37°47'K 31°30'D
OBA_076	Akdeniz Bölgesi	36°41'K 35°04'D
OBA_077	Akdeniz Bölgesi	36°40'K 35°35'D
OBA_088	İç Anadolu Bölgesi	39°45'K 32°48'D
OBA_090	İç Anadolu Bölgesi	38°36'K 31°19'D
OBA_095	İç Anadolu Bölgesi	37°40'K 34°04'D
OBA_102	Doğu Anadolu Bölgesi	39°29'K 39°10'D
OBA_110	Doğu Anadolu Bölgesi	39°38'K 44°15'D
OBA_123_EK_1	Doğu Anadolu Bölgesi	41°32'K 42°43'D
OBA_128_EK_6	Doğu Anadolu Bölgesi	39°59'K 41°54'D
OBA_128_EK_7	Doğu Anadolu Bölgesi	39°59'K 41°20'D
OBA_131_EK_8	Doğu Anadolu Bölgesi	39°49'K 40°31'D
OBA_132_EK_9	Doğu Anadolu Bölgesi	39°42'K 39°37'D
OBA_138_EK_15	İç Anadolu Bölgesi	39°33'K 37°00'D
OBA_139_EK_16	İç Anadolu Bölgesi	39°23'K 36°55'D
OBA_145_EK_22	Akdeniz Bölgesi	36°37'K 35°16'D

Bitki genetik kaynaklarının muhafazasına yönelik olarak Yenilebilir *Allium* spp. Genetik Kaynaklarının Muhafaza ve Değerlendirme Araştırma Projesi kapsamında 44 farklı sarımsak (Türkiye *Allium sativum* = TRAS olarak kodlanmıştır) genotipinin morfolojik karakterizasyonu yapılmıştır. Kullanılan materyaller ve toplanmış olduğu alanlar Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. *Toplanan Sarımsak Genotipleri*

Genotip No	Yerel İsmi	Toplandığı Alan
TRAS1	Taşköprü sarımsağı	Kastamonu
TRAS2	Babaeski sarımsağı	Kırklareli
TRAS3	Balıkesir sarımsağı	Balıkesir
TRAS4	Germencik sarımsağı	Aydın
TRAS5	Germiyan germiyan	Kütahya
TRAS6	Akhisar sarımsağı	Manisa
TRAS7	Tokat sarımsağı	Tokat
TRAS8	Çorum sarımsağı	Çorum
TRAS9	Araban sarımsağı	Gaziantep
TRAS10	Birecik sarımsağı	Urfa
TRAS11	Lüleburgaz sarımsağı	Kırklareli
TRAS12	Besni sarımsağı	Adıyaman
TRAS13	Hasankeyf sarımsağı	Batman
TRAS14	Kışlayan sarımsağı	Artvin
TRAS15	Muğla sarımsağı (3)	Muğla
TRAS16	Muğla sarımsağı (4)	Muğla
TRAS17	Muğla sarımsağı (5)	Muğla
TRAS18	Muğla sarımsağı (6)	Muğla
TRAS19	Muğla sarımsağı (7)	Muğla
TRAS20	Muğla sarımsağı (9)	Muğla
TRAS21	Kula sarımsağı	Muğla
TRAS22	Sakarya sarımsağı	Sakarya
TRAS23	Karacabey sarımsağı	Bursa
TRAS24	Ergani sarımsağı	Diyarbakır
TRAS25	Avşar sarımsağı	Ankara
TRAS26	Kırmızı bacaklı sarımsak	Kilis
TRAS27	Kahramanmaraş beyaz sarımsak	Kahramanmaraş
TRAS28	Çaltı sarımsağı	Isparta
TRAS29	Dinar sarımsağı	Afyonkarahisar

Tablo 3. *Toplanan Sarımsak Genotipleri (Devam)*

Genotip No	Yerel İsmi	Toplandığı Alan
TRAS30	Kütahya beyazı sarımsağı	Kütahya
TRAS31	Kütahya pembesi sarımsağı	Kütahya
TRAS32	Silivri sarımsağı	İstanbul
TRAS33	Palu sarımsağı	Elazığ
TRAS34	Çarşamba sarımsağı	Samsun
TRAS35	Aksaray sarımsağı	Aksaray
TRAS36	Gilavi sarımsağı	Antalya
TRAS37	Altınözü sarımsağı	Hatay
TRAS38	Ankara sarımsağı	Ankara
TRAS39	Uzunköprü sarımsağı	Edirne
TRAS40	Kayseri sarımsağı	Kayseri
TRAS41	Konya sarımsağı	Konya
TRAS42	Nevşehir sarımsağı	Nevşehir
TRAS43	Alata sarımsağı	Mersin
TRAS44	Ulubey sarımsağı	Uşak

2.2. Yöntem

Önemli Bitki Alanları (ÖBA), iklim modeli ve senaryolarına göre öncelikle 1950-2099 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış görüntüleri ve bu görüntülerde ÖBA koordinatlarına ait değerler elde edilerek grafikler oluşturulmuştur.

İklim değişikliğine bağlı meteorolojik kayıtlardaki artan veya azalan eğilimlerin belirlenmesi için; (MK) (Mann, 1945; Kendall, 1975), Sen'in eğimi (Sen, 1968) ve doğrusal regresyon eğilim testleri (Haan, 1977) protokolleri kullanılmıştır.

Eğilim Analizleri ve Mann-Kendall testleri, Google Earth Engine ortamında, Javascript dili ile yazılan programlar desteğinde yapılmıştır. Her bir ÖBA noktası için eğilim analizleri, Mann-Kendall yöntemiyle ve p değerleri ile Kendall Tau-b korelasyon katsayılarının hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca eğilimlerin şiddeti, Sen's Slope analizleri ile yapılmış ve Sen's Slope değerleri oluşturulmuştur.

Yenilebilir *Allium* spp. Genetik Kaynaklarının Muhafaza ve Değerlendirme Araştırma Projesi kapsamında sarımsakta morfolojik karakterizasyon; Uluslararası Yeni Bitki Çeşitlerini Koruma Birliği UPOV-TG162/3, 2001 dökümanı kapsamında yer alan kriterler doğrultusunda yapılmaktadır. Ele alınan kriterler Tablo 4'de sunulmuştur.

Tablo 4. *Sarımsak Genetik Kaynakları Genotiplerinde İncelenen Morfolojik Özellikler*

Özellik No	Özellik Adı	Özellik No	Özellik Adı
1	Bitki boyu (cm)	9	Baş Yüksekliği/Baç Çapı Oranı
2	Yaprak boyu (cm)	10	Başlarda kabuk kalınlığı (mm)
3	Yaprak genişliği (cm)	11	Diş sayısı (adet/baş)
4	Yalancı gövde çapı (mm)	12	Diş ağırlığı (g)
5	Baş ağırlığı (g)	13	Diş yüksekliği (mm)
6	Baş verimi (kg/da)	14	Diş genişliği (mm)
7	Baş yüksekliği (mm)	15	Diş kalınlığı (mm)
8	Baş çapı (mm)		

İstatistik Analiz

Genotiplerin karşılaştırmalı verileri ve varyasyonun dağılımı, violin grafikleri ile gösterilmiştir. Violin grafikleri oluşturmak için, RStudio yazılımına CRAN (Comprehensive R Archive Network) üzerinden “vioplot” R paketi yüklenmiştir (Hu, 2020).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. İklim Verileri ve Projeksiyonlar

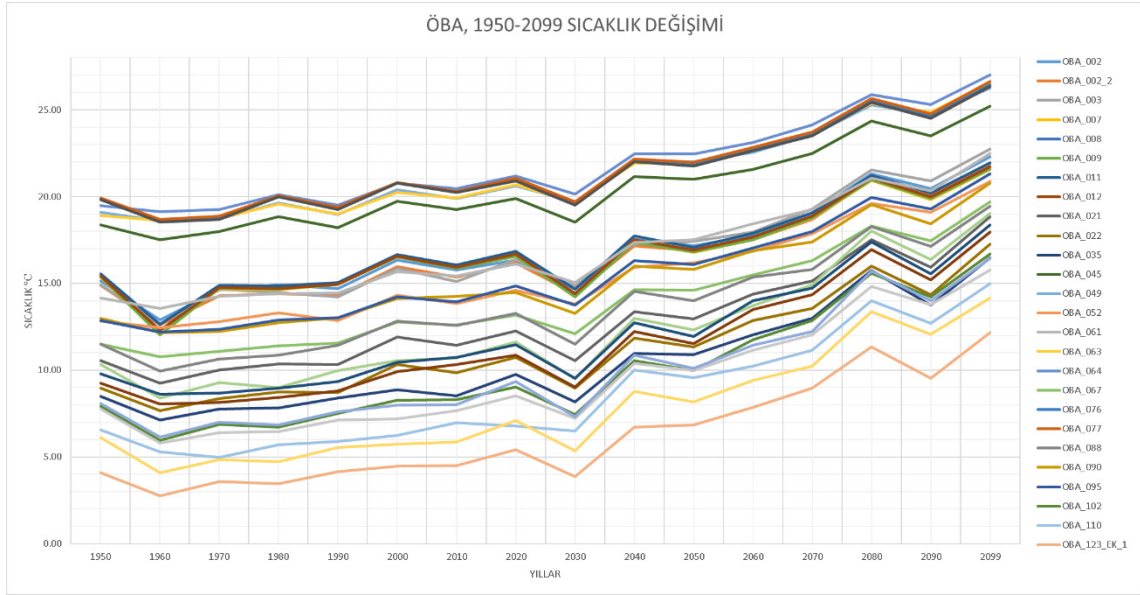
Çalışmada iklim projeksiyon ve senaryo veri seti olarak NEX-GDDP-CMIP6 (NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Climate Projections) kullanılmış (Thrasher vd., 2021; Thrasher vd., 2022), CMIP6 veri setindeki her bir görüntüde bulunan bantlar, Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. *CMIP6 Veri Seti Özellikleri*

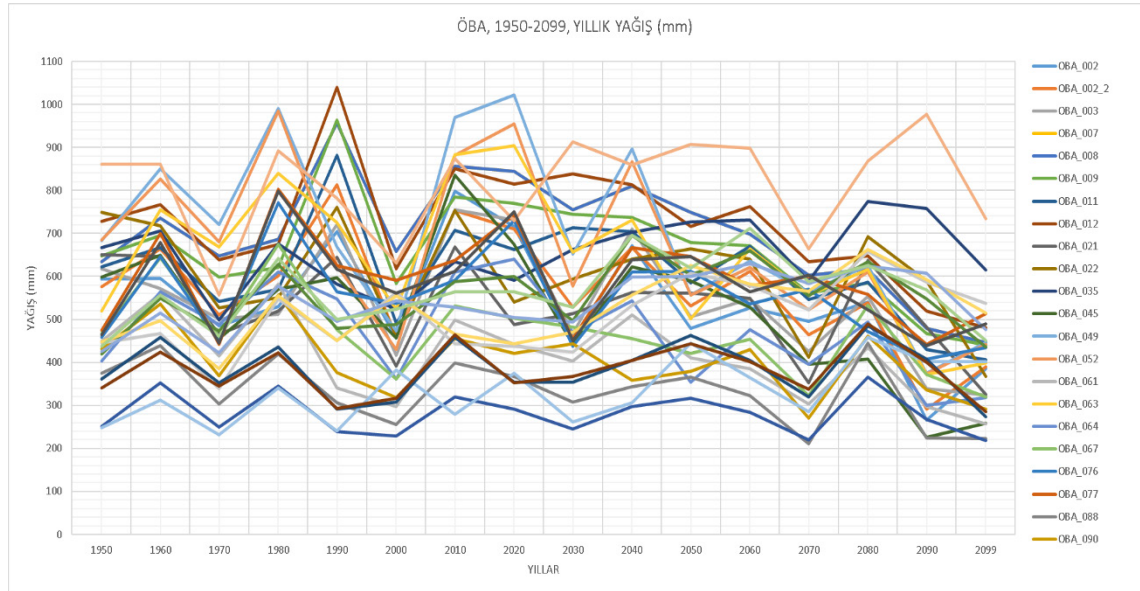
Band Adı	Birimi	Min	Max	Açıklama
hurs	%	-101,85*	179,44*	Yakın yüzey oransal nem
huss	Mass fraction	-0,007*	11,76*	Near-surface specific humidity. Not present in these models: ‘IPSL-CM6A-LR’, ‘MIROC6’, ‘NESM3’
pr	kg/m ² /s	0*	0,0083*	Günlük ortalama olarak yağış
rlds	W/m ²	-481,17*	908,96*	Yüzeyden aşağı doğru inen uzun dalga radyasyonu
rsds	W/m ²	-702,710*	553,087*	Yüzeyden aşağı doğru inen kısa dalga radyasyonu
sfcWind	m/s	-4,98*	28,29*	Günlük ortalama yakın yüzey rüzgar hızı
tas	K	192,15*	336,94*	Günlük sıcaklık
tasmin	K	163,66*	334,92*	Günlük minimum sıcaklık
tasmax	K	202,09*	352,77*	Günlük maksimum sıcaklık

* Tahmini minimum veya maksimum değer

Öncelikle tüm ÖBA noktaları dikkate alınarak, 1950-2099 yılları arası sıcaklık ve yağış için eğilim analizleri gerçekleştirilmiş olup bu eğilim grafikleri 10'ar yıllık zaman serileri halinde Şekil 1 ve Şekil 2'de sunulmuştur. Elde edilen veriler ise Ek 2'de sunulmuştur.



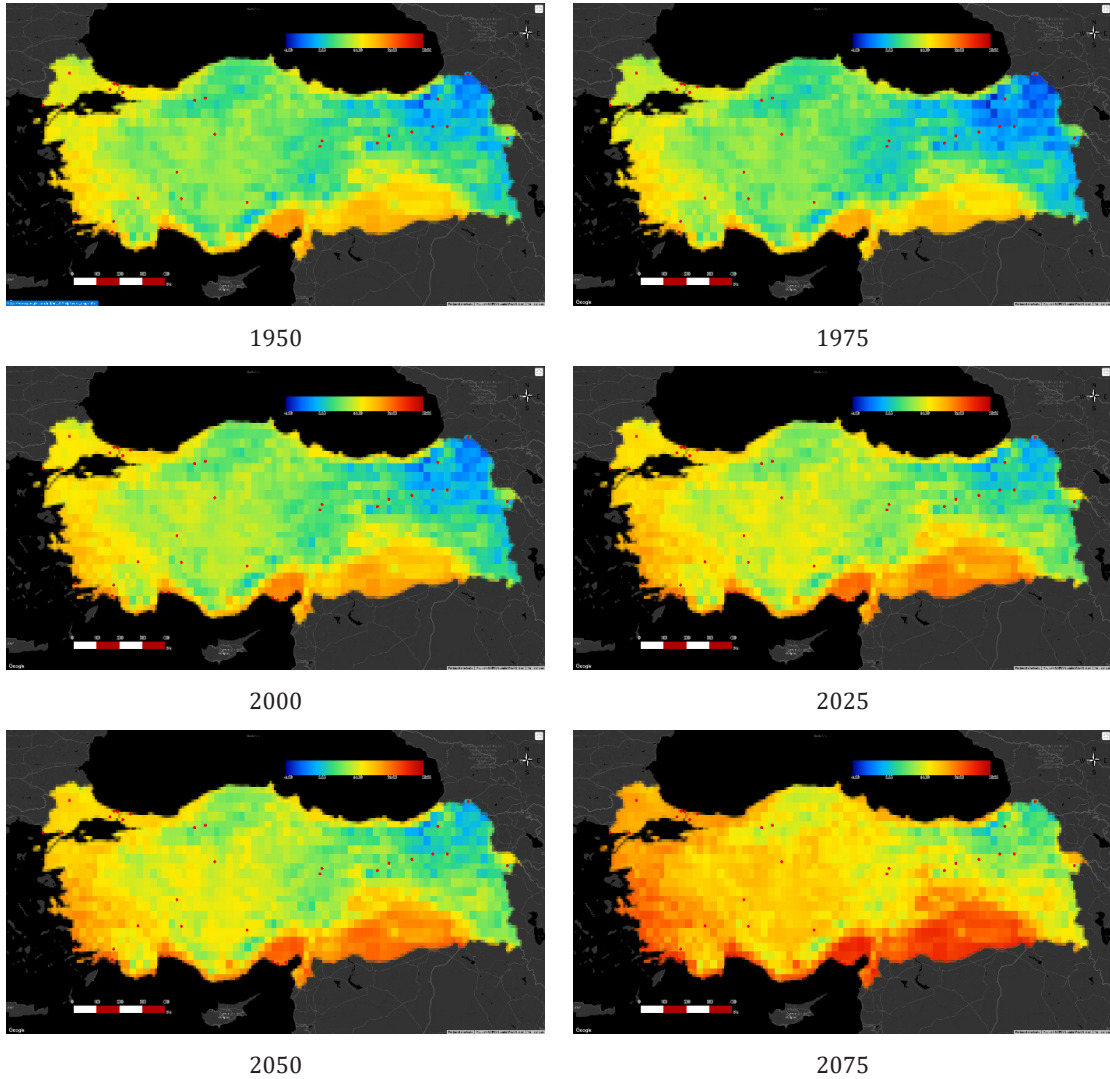
Şekil 1. ÖBA, 1950-2099 Yılları Arası Sıcaklık Değişimi.



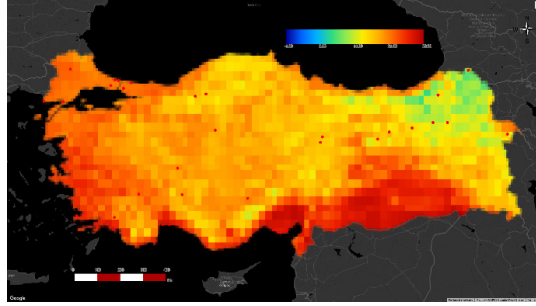
Şekil 2. 1950-2099 Yılları Arası Yağış Değişimi.

ÖBA’nda, 1950-2099 yılları arasında genel olarak tüm ÖBA’nda sıcaklıkların artış eğilimi gösterdiği, yağışların ise ÖBA’nın çoğunda yıllara göre düzensiz bir şekilde düşüş eğilimi gösterdiği görülmektedir.

Söz konusu ÖBA noktaları dikkate alınarak, 1950-2099 yılları arası sıcaklık ve yağış için eğilim analizleri esas alınarak 25’er yıllık zaman serileri halindeki sıcaklık ve yağış değişimleri Türkiye haritası üzerinde Şekil 3 ve Şekil 4’te gösterilmiştir. Bu haritalar incelendiğinde, ÖBA noktaları ve Türkiye genelinde ele alınan iklim kriterleri yönünden bariz değişimlerin olduğu görülmektedir.

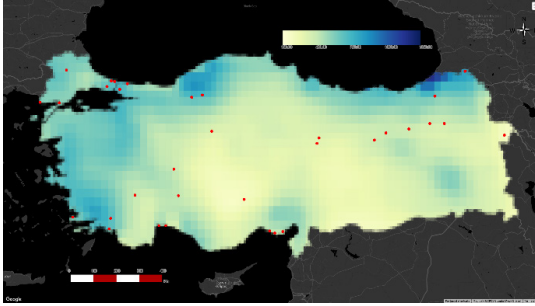


Şekil 3. Türkiye, 1950-2099, 25’er Yıllık Sıcaklık Haritaları.

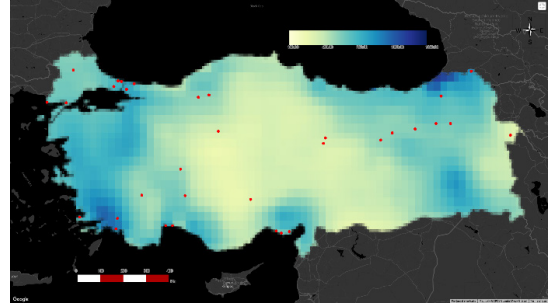


2099

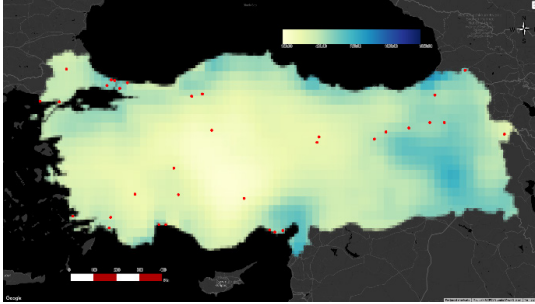
Şekil 3. Türkiye, 1950-2099, 25'er Yıllık Sıcaklık Haritaları. (Devam)



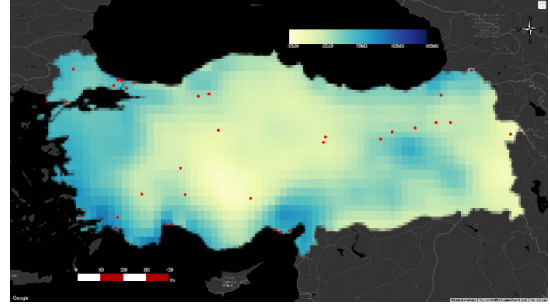
1950



1975

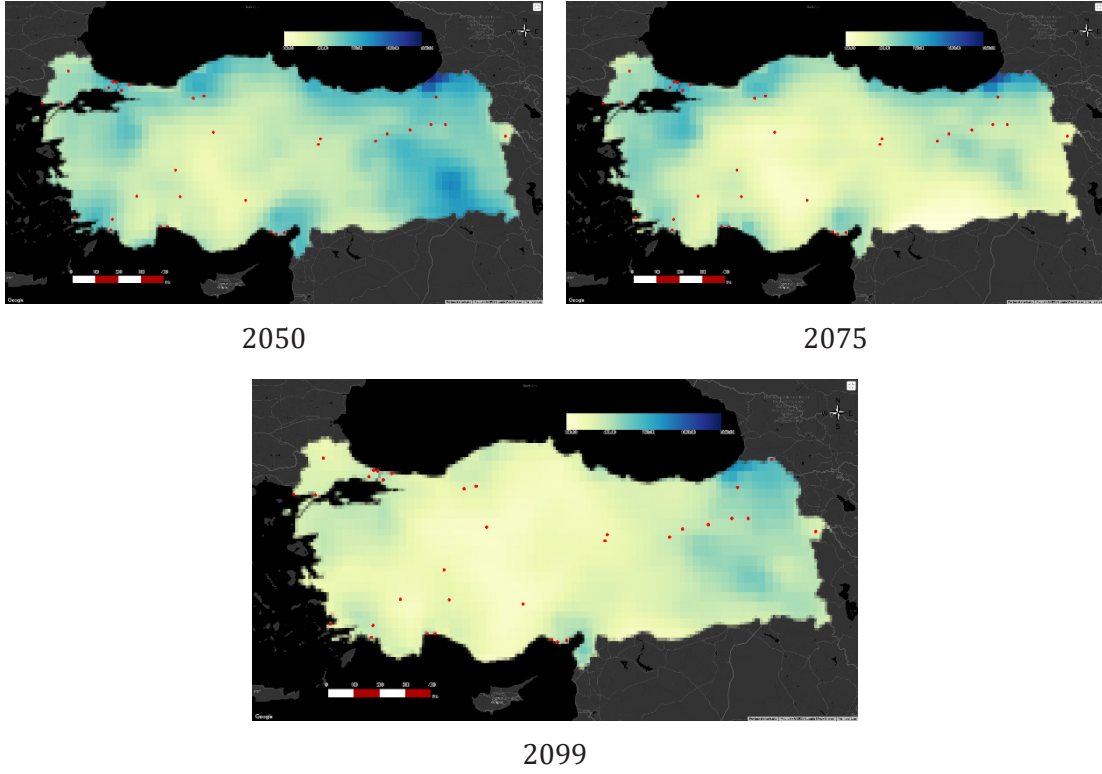


2000



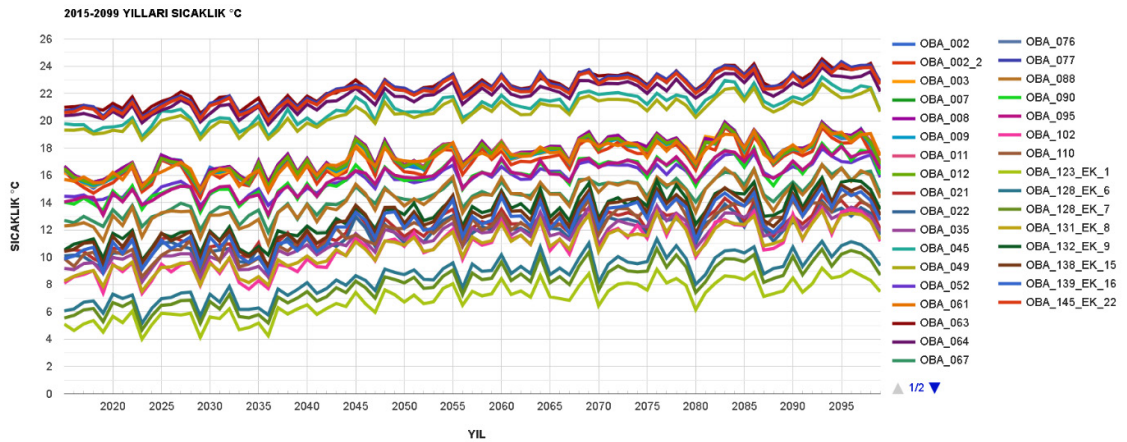
2025

Şekil 4. Türkiye, 1950-2099, 25'er Yıllık Yağış Haritaları.



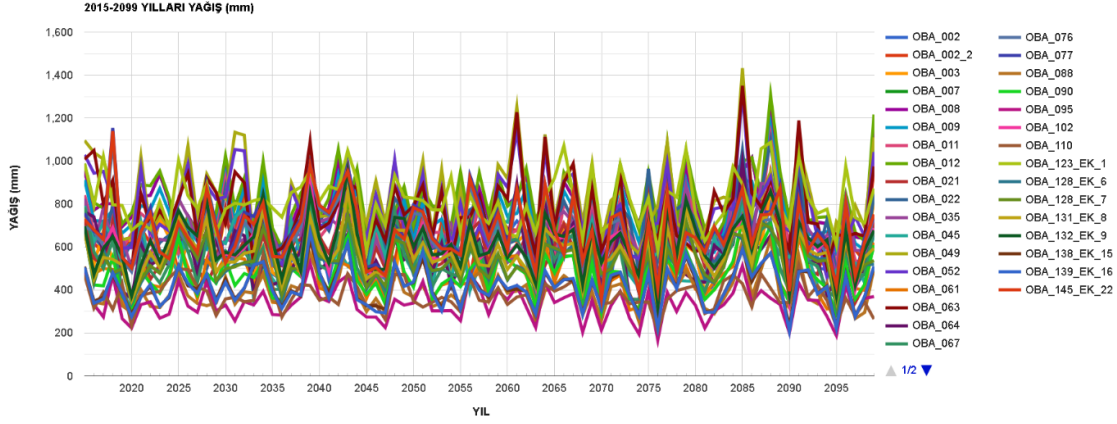
Şekil 4. Türkiye, 1950-2099, 25'er Yıllık Yağış Haritaları. (Devam)

ÖBA'nda, 2015-2099 yılları arası sıcaklık ve yağış için eğilim analizleri gerçekleştirilmiş olup bu eğilim grafikleri Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 5. ÖBA, 2015-2099 Yılları Arası Sıcaklık Grafikleri.

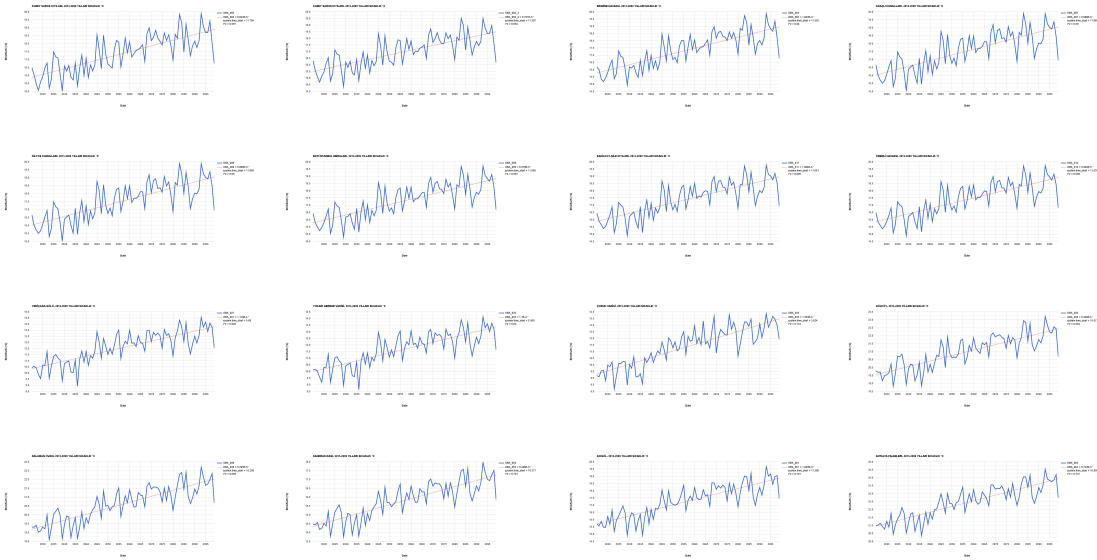
Şekil 5'te tüm ÖBA'larda pozitif-artış yönünden bir eğilimin olduğu görülmektedir.



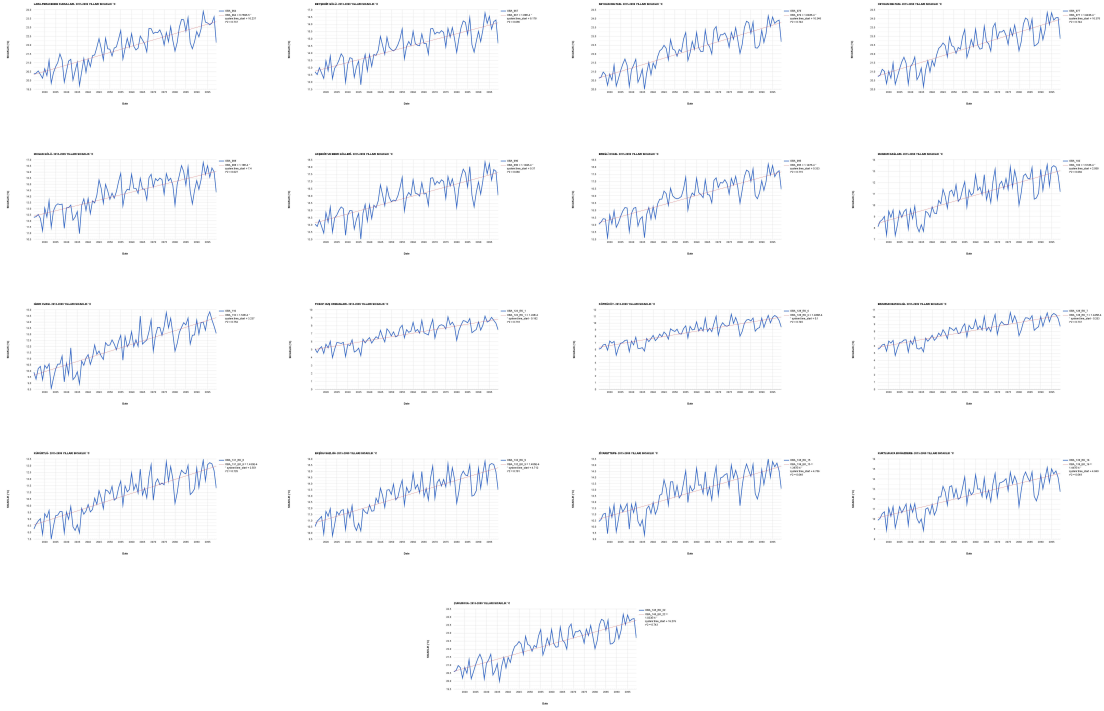
Şekil 6. ÖBA, 2015-2099 Yılları Arası Yağış Grafikleri.

Şekil 6' dan da görülebileceği üzere, ÖBA'nın çoğunluğunda yıllara göre yağış miktarında bir düşüş eğilimi görülmektedir.

Özel olarak her bir ÖBA için sıcaklık eğilim grafiği ve eğilim çizgisi de ayrı ayrı Şekil 7'de gösterilmiştir. Grafiklerin orijinaleri Ek 3 (yağış) ve Ek 4 (sıcaklık)'de sunulmuştur.

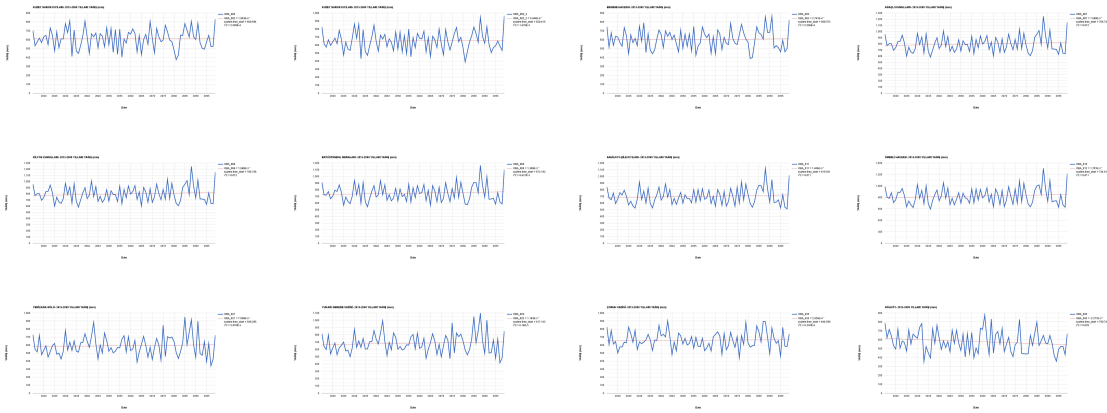


Şekil 7. ÖBA, Sıcaklık ve Eğilim Grafikleri.



Şekil 7. ÖBA, Sıcaklık ve Eğilim Grafikleri. (Devam)

Yine her bir ÖBA için yağış eğilim grafiği ve eğilim çizgisi de ayrı ayrı Şekil 8’de gösterilmiştir. Grafiklerin orijinaleri Ek 3’te sunulmuştur.



Şekil 8. ÖBA, Yağış ve Eğilim Grafikleri.



Şekil 8.  BA, Ya ı  ve Eğilim Grafikleri. (Devam)

MK eğilim testi, parametrik olmayan bir istatistik testtir ve verilerin belirli bir dağılıma uyması zorunluluğu aranmadı ı için kullanışlı olduğu bildirilmektedir. MK trend testi, uzun dönemli zamansal verilerde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma veya artış eğiliminin belirlenmesi amacıyla benimsenmekte olup, bu test yönteminde p değeri, eğilimin istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığını belirlemek için kullanılmaktadır. Kendall Tau-b korelasyon değerinin pozitif olması, yükselen bir eğilimin, negatif olması ise negatif bir eğilimin varlığını göstermektedir (Kirdemir, 2009).

Sen (1968) tarafından geliştirilen Sen's Slope tahmincisi ise MK testine benzer olmakla birlikte verideki u  değerleri de dikkate alması sebebiyle doğrusal ilişkilerde tercih edilmekte Sen's Slope değeri, eğilimin şiddetini hesaplamak amacıyla kullanılmaktadır.

Çalışmada, 2015-2099 yılları sıcaklık verileri kullanılarak hazırlanan haritalar üzerinden tüm ÖBA'lara ait Kendall Tau-b korelasyonu, p değerleri ile Sen's Slope değerleri, Şekil 9'da gösterilmiştir.

Tablo 6. ÖBA'lara Ait Eğilim Analizlerine Ait İstatistik Parametreler (Sıcaklık).

İNDEKS	BOLGE	YERİ	İL_ADİ	Kendall_Tau (Sıcaklık)	Kendall Tau p-value	sensSlope
OBA_002	MARMARA BÖLGESİ	KUZEY SAROS KIYILARI	A1 (E) Edirne	0.56	2.44E-14	9.27E-05
OBA_002_2	MARMARA BÖLGESİ	KUZEY SAROS KIYILARI	A1 (E) Edirne	0.54	2.90E-13	9.20E-05
OBA_003	MARMARA BÖLGESİ	ERGENE HAVZASI	A1 (E) Edirne/Kırklareli	0.60	2.86E-16	9.40E-05
OBA_007	MARMARA BÖLGESİ	AĞAÇLI KUMULLARI	A2 (E) İstanbul	0.57	2.17E-14	9.30E-05
OBA_008	MARMARA BÖLGESİ	KILYOS KUMULLARI	A2 (E) İstanbul	0.57	2.17E-14	9.31E-05
OBA_009	MARMARA BÖLGESİ	BATTI İSTANBUL MERALARI	A2 (E) İstanbul	0.57	9.44E-15	9.28E-05
OBA_011	MARMARA BÖLGESİ	SAHİLKOY-ŞİLE KIYILARI	A2 (A) İstanbul	0.58	4.87E-15	9.30E-05
OBA_012	MARMARA BÖLGESİ	ÖMERLİ HAVZASI	A2 (A) İstanbul/Kocaeli	0.57	7.43E-15	9.31E-05
OBA_021	KARADENİZ BÖLGESİ	YENİÇAĞA GÖLÜ	A3/A4 Bolu	0.60	7.30E-16	9.29E-05
OBA_022	KARADENİZ BÖLGESİ	YUKARI GEREDE VADİSİ	A4 Bolu	0.60	3.67E-16	9.33E-05
OBA_035	KARADENİZ BÖLGESİ	ÇORUH VADİSİ	A8 Artvin/Erzurum	0.66	2.12E-19	1.50E-04
OBA_045	EGE BÖLGESİ	GÖLKÖY	C1 Bodrum (Muğla)	0.61	2.36E-16	9.20E-05
OBA_049	AKDENİZ BÖLGESİ	DALAMAN OVASI	C2 Muğla	0.64	2.83E-18	9.20E-05
OBA_052	AKDENİZ BÖLGESİ	SANDRAS DAĞI	C2 Muğla	0.65	1.03E-18	9.29E-05
OBA_061	AKDENİZ BÖLGESİ	ACIGÖL	C2 Afyon/Denizli	0.65	8.38E-19	9.33E-05
OBA_063	AKDENİZ BÖLGESİ	ANTALYA FALEZLERİ	C3 Antalya	0.67	1.14E-19	9.28E-05
OBA_064	AKDENİZ BÖLGESİ	LARA-PERAKENDE KUMULLARI	C3 Antalya	0.67	1.31E-19	9.29E-05
OBA_067	AKDENİZ BÖLGESİ	BEYŞEHİR GÖLÜ	C3 Isparta/Konya	0.66	4.53E-19	9.33E-05
OBA_076	AKDENİZ BÖLGESİ	SEYHAN DELTASI	C5 Adana/İçel	0.67	1.72E-19	9.35E-05
OBA_077	AKDENİZ BÖLGESİ	CEYHAN DELTASI	C5 Adana	0.67	1.22E-19	9.39E-05
OBA_088	İÇ ANADOLU BÖLGESİ	MOGAN GÖLÜ	B4 Ankara	0.61	4.16E-16	1.50E-04
OBA_090	İÇ ANADOLU BÖLGESİ	AKŞEHİR VE EBER GÖLLERİ	B3 Afyon/Konya	0.63	1.93E-17	9.33E-05
OBA_095	İÇ ANADOLU BÖLGESİ	EREĞLİ OVASI	C4/C5 Konya/Karaman/Niğde	0.66	2.44E-19	9.41E-05
OBA_102	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	MUNZUR DAĞLARI	B7 Erzincan/Tunceli	0.63	1.30E-17	1.52E-04
OBA_110	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	İĞDIR OVASI	A9/10 ve B9/10 Iğdır	0.69	7.72E-21	1.53E-04
OBA_123_EK_1	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	POSOĞ HÜŞ ORMANLARI	ARDAHAN	0.66	3.95E-19	1.49E-04
OBA_128_EK_6	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	KÖPRÜKÖY	ERZURUM	0.68	1.27E-20	1.53E-04
OBA_128_EK_7	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	ERZURUM BATAKLIĞI	ERZURUM	0.68	4.90E-20	1.52E-04
OBA_131_EK_8	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	KÜKÜRTLÜ	ERZURUM	0.67	1.61E-19	1.51E-04
OBA_132_EK_9	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	EKŞİSU SAZLIĞI	ERZİNCAN	0.65	1.76E-18	1.52E-04
OBA_138_EK_15	İÇ ANADOLU BÖLGESİ	ZİYARETTEPE	SİVAS	0.61	1.62E-16	1.52E-04
OBA_139_EK_16	İÇ ANADOLU BÖLGESİ	KURTLUKAYA BOĞAZDERE	SİVAS	0.60	3.24E-16	1.52E-04
OBA_145_EK_22	AKDENİZ BÖLGESİ	ÇUKUROVA	ADANA	0.67	1.61E-19	9.38E-05

Buna göre, tüm ÖBA'lara ait p değerlerinin $p < 0.01$ önem düzeyinde istatistik açıdan anlamlı bulunduğu görülmektedir. Schober vd. (2018)'e göre Kendall Tau-b korelasyon değerleri, 0,54 ile 0,69 arasında yer aldığından tüm ÖBA'lar için güçlü bir eğilimin olduğu belirlenmiştir. Özellikle Kuzeydoğu Anadolu ile Doğu Anadolu bölgesinde eğilim şiddetinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Benzer şekilde bu bölgeler için Kendall Tau-b korelasyon değerlerinin de diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Sırasıyla en yüksek Sen's Slope değerleri, Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan OBA_110 (Iğdır Ovası), OBA_128_EK_6 (Köprüköy-Erzurum), OBA_102 (Munzur Dağları), İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan OBA_139_EK_16 (Kurtlukaya Boğazdere - Sivas)'da tespit edilmiştir.

En düşük Sen's Slope değerleri ise Ege bölgesi'nde OBA_045 (Gölköy-Bodrum Muğla), Marmara bölgesi'nde OBA_002_2 (Kuzey Saros Kıyıları - Edirne) ve Akdeniz Bölgesi'nde OBA_049 (Dalaman Ovası - Muğla)'da belirlenmiştir.

Ayrıca, çalışmada, 2015-2099 yılları yağış verileri kullanılarak hazırlanan haritalar üzerinden tüm ÖBA'lara ait Kendall Tau-b korelasyonu, p değerleri ile Sen's Slope değerleri, Şekil 10'da gösterilmiştir.

Tablo 7. ÖBA'lara Ait Eğilim Analizlerine Ait İstatistik Parametreler (Yağış).

İNDEKS	BOLGE	YERİ	İL_ADİ	Kendall_Tau (Yağış)	Kendall Tau p-value	sensSlope
OBA_002	MARMARA BÖLGESİ	KUZEY SAROS KIYILARI	A1 (E) Edirne	-0.003921569	0.0001 **	-7.95E-03
OBA_002_2	MARMARA BÖLGESİ	KUZEY SAROS KIYILARI	A1 (E) Edirne	0.010644258	0.0015 **	-7.51E-03
OBA_003	MARMARA BÖLGESİ	ERGENE HAVZASI	A1 (E) Edirne/Kırklareli	0.001680672	0.0000 **	-7.52E-03
OBA_007	MARMARA BÖLGESİ	AĞAÇLI KUMULLARI	A2 (E) İstanbul	0.017927171	0.0660 OD	-3.95E-03
OBA_008	MARMARA BÖLGESİ	KILYOS KUMULLARI	A2 (E) İstanbul	0.017927171	0.2645 OD	-3.95E-03
OBA_009	MARMARA BÖLGESİ	BATI İSTANBUL MERALARI	A2 (E) İstanbul	0.014005602	0.0002 **	-3.98E-03
OBA_011	MARMARA BÖLGESİ	SAHILKOY-ŞİLE KIYILARI	A2 (A) İstanbul	0.024089636	0.1033 OD	-3.89E-03
OBA_012	MARMARA BÖLGESİ	ÖMERLİ HAVZASI	A2 (A) İstanbul/Kocaeli	0.023529412	0.0006 **	-7.08E-03
OBA_021	KARADENİZ BÖLGESİ	YENİÇAĞA GÖLÜ	A3/A4 Bolu	0.017366947	0.0238 *	-3.76E-03
OBA_022	KARADENİZ BÖLGESİ	YUKARI GEREDE VADİSİ	A4 Bolu	0.040896359	0.0476 *	-3.89E-03
OBA_035	KARADENİZ BÖLGESİ	ÇORUH VADİSİ	A8 Artvin/Erzurum	0.008963585	0.0544 OD	-3.66E-03
OBA_045	EGE BÖLGESİ	GÖLKÖY	C1 Bodrum (Muğla)	-0.130532213	0.0058 **	-7.81E-03
OBA_049	AKDENİZ BÖLGESİ	DALAMAN OVASI	C2 Muğla	-0.074509804	0.0000 **	-7.87E-03
OBA_052	AKDENİZ BÖLGESİ	SANDRAS DAĞI	C2 Muğla	-0.076190476	0.0000 **	-3.77E-03
OBA_061	AKDENİZ BÖLGESİ	ACIGÖL	C2 Afyon/Denizli	-0.045938375	0.0003 **	-3.95E-03
OBA_063	AKDENİZ BÖLGESİ	ANTALYA FALEZLERİ	C3 Antalya	-0.082913165	0.0012 **	-7.94E-03
OBA_064	AKDENİZ BÖLGESİ	LARA-PERAKENDE KUMULLARI	C3 Antalya	-0.077871148	0.0119 *	-7.15E-03
OBA_067	AKDENİZ BÖLGESİ	BEYŞEHİR GÖLÜ	C3 Isparta/Konya	-0.028011204	0.0023 **	-7.15E-03
OBA_076	AKDENİZ BÖLGESİ	SEYHAN DELTASI	C5 Adana/Içel	-0.030252101	0.0058 **	-7.66E-03
OBA_077	AKDENİZ BÖLGESİ	CEYHAN DELTASI	C5 Adana	-0.045378151	0.0024 **	-7.77E-03
OBA_088	İÇ ANADOLU BÖLGESİ	MOGAN GÖLÜ	B4 Ankara	0.056582633	0.0052 **	-3.78E-03
OBA_090	İÇ ANADOLU BÖLGESİ	AKŞEHİR VE EBER GÖLLERİ	B3 Afyon/Konya	0.026890756	0.0453 *	-3.84E-03
OBA_095	İÇ ANADOLU BÖLGESİ	EREĞLİ OVASI	C4/C5 Konya/Karaman/Niğde	0.006162465	0.0316 *	-3.59E-03
OBA_102	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	MUNZUR DAĞLARI	B7 Erzincan/Tunceli	0.032492997	0.2291 OD	-3.70E-03
OBA_110	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	İĞDIR OVASI	A9/10 ve B9/10 Iğdır	-0.087955182	0.4861 OD	3.43E-03
OBA_123_EK_1	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	POŞOF HUŞ ORMANLARI	ARDAHAN	-0.00952381	0.0480 *	-6.76E-03
OBA_128_EK_6	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	KÖPRÜKÖY	ERZURUM	0.037535014	0.2970 OD	3.46E-03
OBA_128_EK_7	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	ERZURUM BATAKLIĞI	ERZURUM	0.034173669	0.3742 OD	5.67E-03
OBA_131_EK_8	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	KÜKÜRTLÜ	ERZURUM	0.043697479	0.4923 OD	3.65E-03
OBA_132_EK_9	DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	EKŞİSU SAZLIĞI	ERZİNCAN	0.03697479	0.3626 OD	-3.65E-03
OBA_138_EK_15	İÇ ANADOLU BÖLGESİ	ZİYARETTEPE	SİVAS	0.026890756	0.3173 OD	-3.64E-03
OBA_139_EK_16	İÇ ANADOLU BÖLGESİ	KURTLUKAYA BOĞAZDERE	SİVAS	0.040896359	0.4204 OD	-3.62E-03
OBA_145_EK_22	AKDENİZ BÖLGESİ	ÇUKUROVA	ADANA	-0.035854342	0.0140 *	-7.78E-03

OBA_003, OBA_049, OBA_052, OBA_002, OBA_009, OBA_061, OBA_012, OBA_063, OBA_002_2, OBA_067, OBA_077, OBA_088, OBA_045, OBA_076 noktalarında $p < 0.01$ önem düzeyinde, OBA_064, OBA_145_EK_22, OBA_021, OBA_095, OBA_090, OBA_022, OBA_123_EK_1 noktalarında ise $p < 0,05$ önem düzeyinde istatistik açıdan anlamlı sonuçlar bulunmuştur. Diğer OBA'larda istatistik açıdan anlamlı sonuçlar bulunmamıştır.

İstatistik açıdan anlamlı bulunan p değerlerine sahip en yüksek korelasyon, -0,13 ile OBA-45'de zayıf ve negatif yönlü olarak bulunmuştur. Ancak 0,056 korelasyon değeriyle OBA-088 noktasında pozitif yönlü zayıf korelasyon katsayısı bulunmuştur.

Sırasıyla en yüksek Sen's Slope değerleri, Marmara Bölgesi'nde yer alan OBA_003 (Ergene Havzası), Akdeniz Bölgesi'nde OBA_049 (Dalaman Ovası) ve OBA_052 (Sandras Dağı)'nda tespit edilmiştir.

En düşük Sen's Slope değerleri ise İç Anadolu Bölgesi'nde OBA_139_EK_16 (Kurtlukaya Boğazdere), Doğu Anadolu Bölgesi'nde OBA_110 (IĞDIR OVASI) ve OBA_131_EK_8 (Kükürtlü)'de belirlenmiştir.

3.2. Bitki Genetik Kaynakları Muhafaza Çalışmaları Sarımsak Örneği

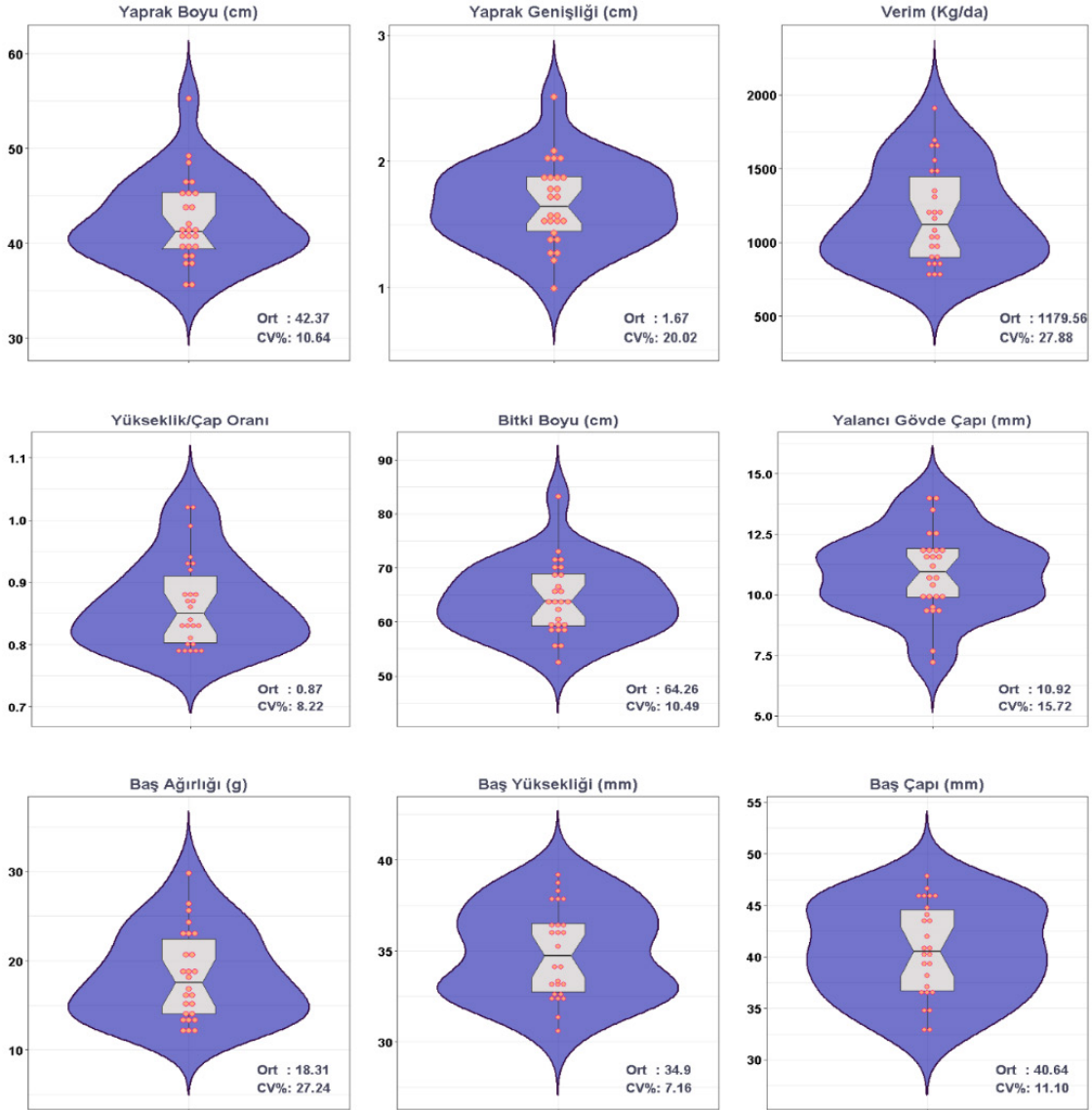
Türkiye'de bitki genetik kaynaklarının toplanması, muhafazası ve değerlendirilmesi amaçlı birçok çalışma yürütülmüş ve halen yürütülmektedir. Bu çalışmalardan biri olan; "Yenilebilir *Allium* spp. Genetik Kaynaklarının Muhafaza ve Değerlendirme Araştırma Projesi" dir. Proje kapsamında toplanan genotipler Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü arazisinde 2021-2022 yetiştirme periyodunda yetiştirilerek yeşil aksam, baş ve diş özellikleri UPOV (2001) kriterleri esas alınarak belirlenmiştir (Şekil 11). *Allium* genotipleri arasındaki morfolojik farklılıkların belirlenmesinde UPOV (Uluslararası Yeni Bitki Çeşitlerinin Korunması Birliği) kriterleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Sharma vd. (2018), 131 sarımsak (*Allium sativum* L.) genotipini, Çakmakçı vd. (2021), yabani sarımsak *Allium vineale*'nin morfolojik özelliklerini UPOV kriterlerini kullanarak belirlemişlerdir.



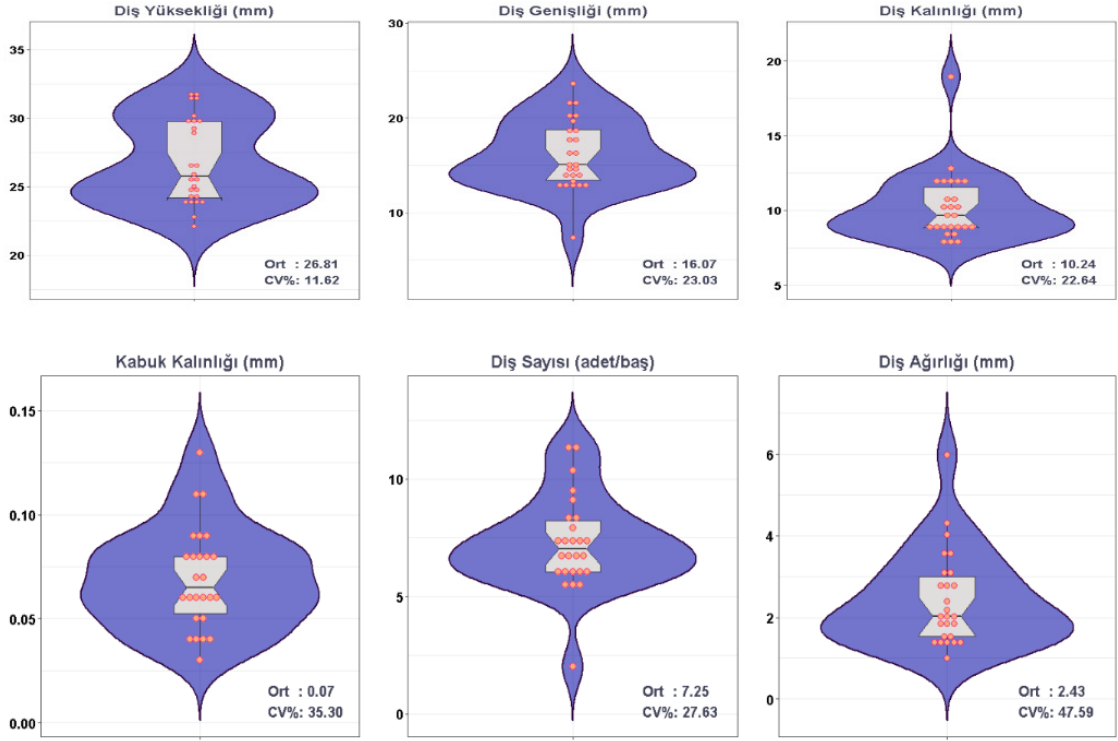
Şekil 9. Farklı Sarımsak Genotiplerine Ait Baş ve Diş Görünümleri

Bu çalışmada elde edilen veriler ile violin grafikleri oluşturulmuş ve Şekil 12'de sunulmuştur (Hu, 2020). Sarımsak genotiplerinde yaprak boyu 26,20-65,32 cm, yaprak genişliği 0,24-2,95 cm, bitki boyu 44,27-95,13 cm, yalancı gövde çapı 5,12-16,25 mm, baş ağırlığı 0,52-38,34 g, baş yüksekliği 25,50-42,64 mm, baş çapı 26,10-53,84 mm, baş yüksekliği/baş çapı oranı 0,55-1,15, baş kabuğu kalınlığı 0,01-0,15 mm, diş ağırlığı 0,10-7,82 g, diş yüksekliği 15,10-36,12 mm, diş genişliği 12,00-28,95 mm, diş kalınlığı 5,13-21,86 mm ve diş sayısı 1,00-17,82 adet/baş arasında değişim gösterirken verim 275,25-2550,15 kg/da arasında

değişim göstermiştir. Şekil 12 incelendiğinde; ele alınan morfolojik özellikler bakımından sarımsak genotipleri verilerinin ortalama değerlerinin dağılım aralığı ve genotipler arası varyasyon bariz bir şekilde görülmektedir.



Şekil 10. Sarımsak Genotipleri Bitki, Baş, Diş ve Verim Özellikleri.



Şekil 10. Sarımsak Genotipleri Bitki, Baş, Dış ve Verim Özellikleri. (Devam)

Yapılan projeksiyonlar sonunda, 2099 yılına kadar ÖBA alanlarında sıcaklık ve yağış değişimleri Şekil 1 ve Şekil 2 ile Ek 1'de bariz olarak görülmektedir. Sarımsak, serin iklim sebzesi olup en iyi gelişmeyi 15-20 °C'de göstermektedir. Projeksiyon verileri incelendiğinde sıcaklığın genelde 3-5 °C artması sarımsağın bu alanlarda ekonomik olarak yetiştirilemeyeceğini ve bitki örtüsünün bu değişimden genel olarak etkileneceğini göstermektedir (Brewster, 1994; Demir, 2009). Yağışların azalması su kaynaklarının debisini etkilemekte su yaşamının her kademesinde kısıtlama getirecek gibi görünmektedir (Öztürk, Cüceloğlu & Deneri, 2023).

Burada sunulan çalışmalar ile Türkiye'de yerel olarak yetiştirilen sarımsak genotiplerinin özellikleri morfolojik olarak tanımlanarak gelecek nesillere ulaştırılmak üzere muhafaza edilmektedir.

4. SONUÇ

Burada sunulan çalışmada, 1950-2099 yılları arasında Türkiye ÖBA arasında, korunmada en öncelikli “çok acil” kodu ile tanımlı 33 alan iklim verileri değerlendirilerek oluşturulan projeksiyonlar; sıcaklığın artış, yağışların azalma eğilimde olduğunu/olacağını göstermiştir. Etkisi görülmeye başlayan bu değişimin etkileyeceği gıda zincirinde süreklilik sağlayabilmek üzere alınan/alınması gereken önlemler aşağıda sunulmuştur.

1. Günümüz ve gelecek ıslah çalışmalarında değerlendirilmek üzere genetik kaynaklar toplanmakta ve muhafaza edilmektedir. Bu çalışmaların amacı ve önemi geniş kitlelere anlatılarak toplumca bu yönde caba harcamaya yönelik olarak eylem planları oluşturulmalıdır.

2. Tohum ile çoğaltılabilen bitki türlerinin tohumlarının muhafazası için gen bankaları var iken henüz vejetatif olarak çoğaltılan materyalin muhafazası için soğukta muhafaza (kreopreservation) imkânı sağlayan kreobank altyapısı oluşturulmamıştır. Bu yönde eylem planı geliştirilerek uygulamaya konulmalıdır.

3. Kültürü yapılan bitki türlerinde, artan sıcaklık, azalan yağış koşullarına dayanıklı çeşit geliştirmeye yönelik ıslah çalışmaları planlanmalı ve desteklenmelidir.

4. Türkiye genelinde bulunan ÖBA’nda bulunan doğal genetik kaynaklarımızın özellikleri belirlenerek koruma altına alınması iklim değişikliğine bağlı olarak oluşan kayıpların önüne geçilmesinde katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Kullanılan iklim senaryoları, Climate Analytics Group ve NASA Ames Araştırma Merkezi tarafından NASA Earth Exchange kullanılarak hazırlanan ve NASA İklim Simülasyon Merkezi (NASA Center for Climate Simulation-NCCS) tarafından dağıtılan NEX-GDDP-CMIP6 veri kümesinden elde edilmiştir.

Eşleştirilmiş modelleme konulu Çalışma Grubu aracılığıyla CMIP6’yı koordine ve teşvik eden Küresel İklim Araştırma Programı’nı onaylıyoruz. İklim modelleme gruplarına model verilerini hazırlayan, sunan, verileri arşivleyen ve erişim sağlayan Earth System Grid Federation (ESGF), CMIP6 ve ESGF’yi destekleyen çok sayıda fon kuruluşuna teşekkür ediyoruz.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Battisti, D., Naylor, R. L. (2009). Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science* 323, 240-244.
- Beşirli, G. vd. (2023). Yenilebilir *Allium* spp. genetik kaynaklarının muhafaza ve değerlendirme araştırma projesi. *Researching Project of Conservation and Evaluation of Edible Allium spp. Genetic Sources*. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Brewster, J. L. (1994). Onion and other vegetable Alliums. CABI International, Wellesbourne, Warwick, University Press, UK.
- Çakmakcı, O., Şensoy, S., Alan, A.R., Erdinç, C. (2021). Morphological characterization of *Allium vineale*. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agriculture Science*, 31(4), 1001-1010. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1002453>.
- Demir, A. (2009). Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem kaynakları üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 37-54. doi:10.1501/Csaum_0000000013.
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z., Adıgüzel, N. (2000). Türkiye bitkileri kırmızı kitabı. *Türkiye Tabiatını Koruma Derneği*, Ankara.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*.
- Guarino, L., Lobell, D. B. (2011). A walk on the wild side. *Nature Climate Change*, 1, 374-375.
- Güçlü, Y. S. (2018). Multiple sen-innovative trend analyses and partial Mann-Kendall test, *Journal of Hydrology*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.09.034>.
- Güner, A., S. Aslan, T. Ekim, M. Vural, M.T. Babaç (Ed.). (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. *Nezahet Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını*, İstanbul.
- Haan, C. T., (1977). Statistical methods in hydrology. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, (ss. 378).
- Hu, K. (2020). Become competent within one day in generating boxplots and violin plots for a novice without prior R experience. *Methods and Protocols*, 3(4), 64.
- Karagöz, A., Muminjanov, H., (2019). Türkiye'nin biyoçeşitliliği: Genetik kaynakların sürdürülebilir tarım ve gıda sistemlerine katkısı. FAO, Ankara. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Karagöz, A., Zencirci, N., Tan, A., Taşkın, T., Köksel, H., Sürek, M., Toker, C., Özbek, K. (2010). Bitki genetik kaynaklarının korunması ve kullanımı. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı-1*, (ss:155-177).
- Kaya, E. (2014). Türkiye geofitleri (I. ve II. Cilt), *Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü yayını*, ISBN: 978-605-4672-88-2.

- Kendall, M. G., (1975). Rank correlation method. Charles Griffin, London.
- Kirdemir, M. (2009). Trend analizi ile aşığı Sakarya havzasının hidroelektrik enerji potansiyelinin tespiti (Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi).
- Kodoth N. P. (2019). Combating global warming the role of crop wild relatives for food security. *Springer*, ISSN 2352-0698.
- Lobell D. B., Burke M. B., Tebaldi C., Mastrandrea M. D., Falcon W. P., Naylor R. L. (2008). Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 319, 607-610.
- Lobell, D. B., Sibley, A., Ortiz-Monasterio, J. (2012). Extreme heat effects on wheat senescence in India. *Nature Climate Change*, 2, 186-189.
- Mann, H. B., 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245-259.
- Oğur, E. (2021). İzmir ilinde bulunan nadir, endemik ve tehdit altındaki bitki türlerinin toplanması ve *ex situ* muhafazası. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 31(2), 226-244. <https://doi.org/10.18615/anadolu.1033609>.
- Oğur, E. (2022). Türkiye'nin bitki biyo eşitliliğı ve koruma stratejileri: TAGEM Modeli. 3. Ulusal Botanik Bahçeleri Sempozyumu, Bildiri  zetleri Kitabı, (ss:53).
- Özhatay, N., Byfield, A., Atay, S. (2005). Türkiye'nin 122 önemli bitki alanı. *Doğal Hayatı Koruma Vakfı*, ISBN: 975-924-33-7-7, İstanbul.
- Özhatay, N. (2006). Türkiye'nin Bakü-Tiflis-Ceyhan boru hattı önemli bitki alanları, ISBN: 975-404-777-4, İstanbul.
- Öztürk, İ., Deneri, E. Z., Cüceloğlu, G. (2023). Yerel yönetimlerin su planlamasında iklim değışiminin rolü. doi: 10.53478/TUBA.978-625-8352-56-6.ch09.
- Schober, Patrick, M. D., MedStat; M., Boer, Christa, Schwarte, Lothar A. (2018). Correlation coefficients: *Appropriate Use and Interpretation*. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763-1768, doi:10.1213/ANE.0000000000002864.
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J. Am. Stat. Assoc.* 63, 1379-1389.
- Sharma, V. R., Malik, S., Kumar, M., Sirohi, A. (2018). Morphological classification of genetic diversity of garlic (*Allium sativum* L.) germplasm for bulb and yield-related traits using principal component analysis. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(06), 2016-2022. <https://doi.org/10.20546/ijcmas,2018,706,238>.
- Şimşek, F. F. & Durduran, S. S. (2023). A ık kaynak kodlu Eo-learn k t phanesi ve  ok zamanlı Sentinel-2 görüntüleri ile tarımsal ürün sınıflandırması. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 10(1), 45-62. doi:10.9733/JGG.2023R0004.T.

- Thrasher, B., Wang, W., Michaelis, A. Nemani, R. (2021). NEX-GDDP-CMIP6. NASA Center for Climate Simulation. <https://doi.org/10.7917/OFSG3345>.
- Thrasher, B., Wang, W., Michaelis, A. (2022). NASA Global Daily Downscaled Projections, CMIP6. *Sci Data*, 9, 262 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01393-4>.
- TTSM (2023). Tohum Tescil Sertifikasyon Müdürlüğü, <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM> (Ulaşım tarihi: 08.09.2023)
- UPOV (2001) Union for the protection of new varieties of plants. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. Garlic (*Allium sativum* L.), Geneva.
- Van Vuuren, D.P., Kriegler, E., O'Neill, B.C., Ebi, K.L., Riahi, K., Carter, T.R., Edmonds, J., Hallegatte, S., Kram, T., Mathur, R., Winkler, H. (2014). A new scenario framework for climate change research: Scenario matrix architecture. climatic change. Special issue. Nakicenovic N, Lempert R, Janetos A (Ed.) A Framework for the development of new socioeconomic scenarios for climate change research.
- Williams, K. D., vd. (2017). The Met Office Global Coupled model 3.0 and 3.1 (GC3.0 and GC3.1) configurations, J. Adv. Model. *Earth*, 10, 357-380, <https://doi.org/10.1002/2017MS001115>.
- Yildirim, M., Gürkan, H.. (2016), Türkiye için iklim değişikliği projeksiyonlari, uluslararası katılımli II. iklim değişimi ve tarım etkileşimi çalıştayı, 08-09 Kasım 2016, Şanlıurfa

Yazarlar Hakkında / About Authors

**Dr. Gülay BEŞİRLİ | Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü |
gul662000[at]gmail.com | ORCID: 0000-0001-5084-6889**

Gülay Beşirli, ilkokul ve ortaokulu Muğla, lise öğrenimini ise; Bursa'da tamamlamıştır. 1984 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne kayıt yaptırmış olup 1988 yılında mezun olmuştur. Yüksek lisans ve doktora programlarını, Bahçe Bitkileri Bölümü Sebzeçilik Ana Bilim Dalında, aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamlamıştır. 1990 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü sınavını kazanmış ve araştırmacı olarak göreve başlamıştır. 1990-1992 yılları arasında Diyarbakır'da görev yapan araştırmacı halen Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yalova'da çalışmalarına devam etmektedir. Çalışma alanları sebze ıslahı ve yetiştirme tekniği, sebze genetik kaynakları ve organik sebze yetiştiriciliği ile organik sebze tohum üretimidir. Araştırmacı, yaptığı ıslah çalışmaları sonucunda iki soğan, bir sarımsak ve bir brokoli çeşidi geliştirmiştir.

**Dr. Gülay BEŞİRLİ | Atatürk Horticultural Central Research Institute |
gul662000[at]gmail.com | ORCID:0000-0001-5084-6889**

Gülay Beşirli completed her primary and secondary education in Muğla and high school education in Bursa. She enrolled in Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture in 1984 and graduated in 1988. She completed her MS and PhD programs at the Institute of Science and Technology of the same university in the Department of Horticulture, Department of Vegetable Cultivation. In 1990, She passed the Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Agricultural Research and Policies exam and started working as a researcher. The researcher, who worked in Diyarbakır between 1990-1992, currently continues her work at the Atatürk Horticulture Central Research Institute Directorate, Yalova. Her study fields are vegetable breeding and cultivation techniques, vegetable genetic resources and organic vegetable cultivation and seed production. As a result of her breeding studies, the researcher developed two onions, one garlic and one broccoli varieties.

**Dr. Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU | Batman Üniversitesi |
mynet34[at]gmail.com | ORCID:0000-0001-5152-569X**

Mehmet Cengiz Arslanoğlu, ilkokul ve ortaokulu Siirt'te, lise öğrenimini Van Ziraat Meslek Lisesinde tamamlamıştır. 1998 yılında Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri bölümünden mezun olmuştur. Yüksek lisansını Ahmet Yesevi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde 2007 yılında tamamlamıştır. Doktora öğrenimini Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem mühendisliği bölümünde tamamlamıştır. 2023 yılında Batman Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği bölümüne doktor öğretim üyesi olarak atanmıştır. Çalışma alanları uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri ve yapay zeka teknolojileridir.

**Dr. Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU | Batman University |
mynet34[at]gmail.com | ORCID:0000-0001-5152-569X**

Mehmet Cengiz Arslanoğlu completed his primary and secondary school education in Siirt, and high school at Agriculture college in Van. He graduated from Trakya University, Faculty of Agriculture, Department of Agriculture Machinery 1998. He completed his master's studies at Ahmet Yesevi University, Faculty of Computer Engineering. He completed his doctorate studies at Tekirdağ Namık Kemal University, Department of Biosystem Engineering in 2019. He appointed to Batman University, Faculty Of Engineering And Architecture, Department of Computer Engineering as an Assistant Professor in the 2023. His research interests include remote sensing, geographic information systems, and artificial intelligence technologies.

**Dr. Erdinç OĞUR | Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü |
erdinc.ogur[at]tarimorman.gov.tr | ORCID:0000-0002-4496-2995**

1979 Yılında Samandağ, Hatay'da doğmuştur. İlk, orta ve lise öğrenimini Hatay'da tamamlamıştır. 2004 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü'nden mezun olmuştur. Aynı yıl, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Botanik anabilim dalında yüksek lisansa başlamıştır. 2007 yılında "Fenik Yaylası (Yayladağı/HATAY) ve Çevresinin Bitki Sosyolojisi ve Ekolojisi Yönünden Araştırılması" konulu yüksek lisans çalışmasını bitirmiştir. 2007 yılında MKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Botanik anabilim dalında başladığı "Yayladağı ve Suriye Sınırı Arasında Kalan Bölgenin Bitki Sosyolojisi ve Ekolojisi Yönünden Araştırılması" konulu doktora çalışmasını 2014 yılında bitirmiştir. 2017 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü'nden mezun olmuştur. 2011 yılında Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde göreve başlamıştır. 2022 yılından bu yana Biyoçeşitlilik ve Genetik Kaynaklar Bölüm başkanı olarak görev yapmaktadır. Çalışma konuları, biyoçeşitlilik, bitki ekolojisi, tıbbi aromatik bitkiler, kriyoprezervasyon, bitki genetik kaynaklarının (yerel çeşitler, kültür bitkilerinin yabani akrabaları, endemik ve nadir bitki türleri) toplanması ve muhafazasıdır.

**Dr. Erdinç OĞUR | Aegean Agricultural Research Institute |
erdinc.ogur[at]tarimorman.gov.tr | ORCID:0000-0002-4496-2995**

He was born in 1979 in Samandağ, Hatay. He completed his primary, secondary, and high school in Hatay. He graduated from Mustafa Kemal University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology in 2004. In the same year, he started his master's in the Department of Botany, Graduate School of Natural and Applied Sciences, at Mustafa Kemal University. In 2007, he earned his master's degree with his thesis titled "Research of Fenik Plateau (Yayladağı/HATAY) and its Surroundings in Terms of Plant Sociology and Ecology". In 2007, he started his PhD in the same department. In 2014, he received his PhD with his thesis entitled "Investigation of the Region Between Yayladağı and the Syrian Border in Terms of Plant Sociology and Ecology". In 2017, he graduated from Ege University Faculty of Agriculture, Department of Field Crops. He was appointed to the Aegean Agricultural Research Institute in 2011. Since 2022, he has been working as the head of the Biodiversity and Genetic Resources Department. His main working areas are biodiversity, plant ecology, medicinal and aromatic plants, cryopreservation, seed collection, and conservation of plant genetic resources (local varieties, crop wild relatives, and endemic and rare plants).



TARIM ALANLARINDAN GELEN MİKRO KİRLETİCİLER VE ENDOKRİN BOZUCULAR

MICROPOLLUTANTS AND ENDOCRINE DISRUPTORS FROM AGRICULTURAL FIELDS

Sezai ERCİŞLİ

TARIM ALANLARINDAN GELEN MİKRO KİRLETİCİLER VE ENDOKRİN BOZUCULAR

Sezai ERCİŞLİ
Atatürk Üniversitesi

Özet

Tarım insanoğlunun yaratıldığı günden beri önemini koruyan en önemli sektörlerden birisi olup, insanlar ve diğer canlılar için çok önemli olan gıda arzının da temel ve vazgeçilmez unsurudur. Tarım kendi içerisinde bitkisel üretim, hayvansal üretim ve su ürünleri yetiştiriciliği olarak üç ana dala ayrılmakta ancak bunlardan özellikle bitkisel ve hayvansal üretim birbirlerini tamamlayan iki dal olarak karşımıza çıkmaktadır. Tarımsal üretimde üretim artışı ve kaliteyi artırmak için kullanılan girdiler zamanla olumsuz çevresel etkileri nedeniyle tartışma konusu olmakta ve onlara alternatif arayışlar hala sürmektedir. Ticari gübre ve ilaç kullanımına karşı alternatif arayışlar devam ederken bunlara son yıllarda mikroplastik kirliliği de eklenmiştir. Oldukça yeni bir konu olan tarım topraklarında mikroplastikler ve endokrin bozucular konusunda üzerinde durulan temel kirletici unsur tarımda yoğun kullanılan plastiklerdir. Plastiklerin zamanla daha küçük parçalara ayrışması tarım toprakları ve dolayısıyla üretimi olumsuz etkileyebilir. Tarımsal topraklar plastik parçacıkların “sıcak noktaları” olarak kabul edilmektedir. Topraklarda standart mikroplastik belirleme yöntemi henüz oluşturulamamıştır. Bu konuda özellikle mikroplastik kirlenme bağlamında toprak ortamının izlenmesi konusunda Avrupa’da da herhangi bir yasal düzenleme de bulunmamaktadır.

Anahtar Kelimeler

Tarımsal üretim, Plastik kullanımı, Mikroplastik kirliliği, Tehditler

MICROPOLLUTANTS AND ENDOCRINE DISRUPTORS FROM AGRICULTURAL FIELDS

Sezai ERCİŞLİ
Atatürk University

Abstact

Agriculture is one of the most important sectors that has maintained its value since the creation of mankind and is the basic and indispensable element of the food supply, which is crucial for humans and other living organisms. Within itself, agriculture is divided into three main branches as crop production, animal production and aquaculture, but particularly plant and animal production appear as two branches that complement each other. The inputs used in agricultural production to increase production and improve quality have become the subject of discussion over time due to their negative environmental impacts and the search for alternatives to them is still ongoing. While the search for alternatives to the use of commercial fertilizers and pesticides is continuing, microplastic pollution has also been added to these in recent years. Microplastics and endocrine disruptors in agricultural soils, which are a fairly new issue, are plastics used extensively in agriculture. The breakdown of plastics into smaller particles over time can negatively affect agricultural soils and therefore production. Agricultural soils are considered as “hot spots” of plastic particles. A standardised method of microplastic determination in soils has not yet been established. There is also a lack of legal regulation in Europe regarding the traceability of the soil environment, especially in the context of microplastic contamination.

Keywords

Agricultural production, Plastic usage, Microplastic pollution, Threats

1. GİRİŞ

Günümüz tarımında plastik ürünlerin kullanımı dünya genelinde her geçen gün giderek artmakta ve sıradanlaşmaktadır. Plastik aslında tarıma başlangıçta teknoloji olarak girmiştir. Plastik polimerlerin üretim kolaylıkları, fiziksel özellikleri, çok yönlülüğü, çeşitliliği ve ekonomik olmaları onları tarımdaki birçok uygulama için tercih edilen malzeme haline getirmiştir. Tarımda yoğun kullanılan aşağıdaki malzemeler plastikten oluşmaktadır (Andrady & Neal, 2009; Kumar vd., 2020).

- Plastik malç
- Örtü altı materyali (Seracılık)
- Sulama boruları
- Poşet ve saksılar
- Silaj filmleri
- Plastik şişeler
- Gübre, pestisit ve tohum kaplamaları
- Koruyucu örtüler
- Meyve koruyucuları
- Bitki koruyucuları
- Ağlar, traplar

1.1. Tarımda Plastik Kullanımı ve Faydaları

Plastik, bir veya daha fazla organik polimerle üretilen ve istenen ürün özellikleri için ilave maddeler (katkı maddeleri) içeren, örneğin yanmayı önleyici maddeler, antistatik maddeler, renklendirici ve sıkılaştırıcı maddeler, dengeleyiciler, sağlamlaştırıcı maddeler ve dolgu maddeleri, UV emiciler ve yumuşatıcı gibi, malzemeler için kullanılan genel bir terimdir. Tarımda Poliolefin, Polietilen (PE), Polipropilen (PP), Etilen-Vinil Asetat Kopolimeri (EVA), Poli-vinil klorür (PVC) ve nadir olarak Polikarbonat (PC) ve Poli-metil-metakrilat (PMMA) dahil olmak üzere çok çeşitli plastikler kullanılmaktadır. Neredeyse tüm tarım alanlarında ürün verimliliğini, hayvan beslenmesini, su kullanım verimliliğini artıran ve gıda kaybını azaltan çeşitli faydaları ile geniş bir yelpazede plastik ürünler kullanılmaktadır. Kullanılan plastik polimer türleri ve bunların üretim şekilleri, kullanım amaçlarına göre her bir ürüne belirli işlevsel özellikler kazandıracak şekilde uyarlanmıştır. Bu da farklı plastik ürünler arasında hem kendi içlerinde hem de farklı tarım sektörleri arasında yüksek derecede değişkenlik olduğu anlamına gelmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Tarımda farklı alanlarda plastik kullanımı.

Su ürünlerinde avlamada kullanılan malzemelerin büyük bir kısmı plastikten yapılmıştır. Plastik sera+malçlama+damla sulama özellikle bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde verimin artmasına (Şekil 2 ve 3), su ve herbisit kullanımının azaltılmasına ve ürün kalitesini kontrol etmeye yardımcı olur. Polimer kaplı kontrollü salınımlı gübreler bitkilere ihtiyaç duydukları besin maddelerini uygun oranda sağlar, aynı zamanda su ve hava emisyonlarını önler. Silaj filmleri, hayvan yetiştiricilerinin sağlıklı, uzun ömürlü ve besleyici yem üretmesine yardımcı olur ve ahır ve silaj kışacları inşa etme ihtiyacını ortadan kaldırır. Ağaçlandırmalarda plastik ağaç koruyucular (kemirgenlere karşı) yaygın olarak kullanılmaktadır. Plastik ürünler çiftçilerin, ormancıların ve balıkçıların geçimlerini sürdürmelerine, üretimi artırmalarına, kayıpları azaltmalarına, su tasarrufu sağlamalarına ve kimyasal girdileri azaltmalarına yardımcı olan bir dizi fayda sağlar. Plastik ürünler ayrıca gıda kayıplarının azaltılmasını sağlarlar. İlave olarak sayısız gıda değer zinciri boyunca besinsel niteliklerinin korunması, böylece gıda güvenliğinin iyileştirilmesi ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olurlar. Hijyenik plastik ambalaj aynı zamanda kirlenmeyi ve erken bozulmayı azaltarak gıda güvenliğini de artırır (Han vd., 2018).

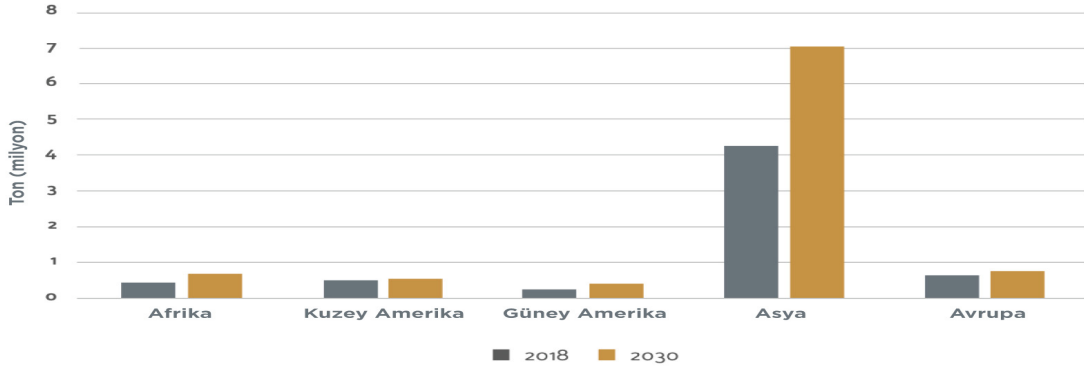


Şekil 2. Ülkemizde ilek üretiminde plastik mal film kullanımı.

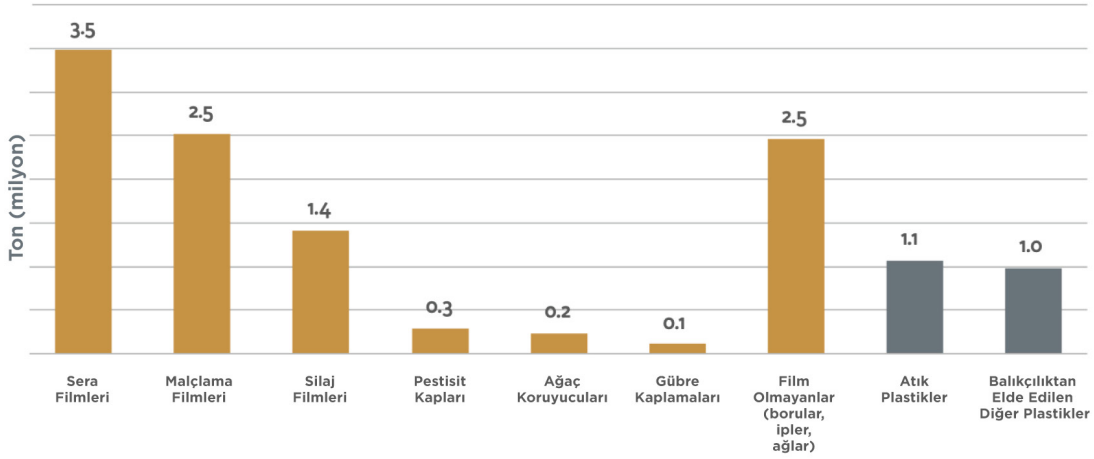


Şekil 3. Ülkemizde örtü altı ilek üretiminde plastik mal film kullanımı.

Son 70 yılda tarımsal gıda sistemlerinde ve gıda değeri zincirlerinde plastik kullanımı yaygınlaşmıştır. Düşük maliyetli ve uyarlanabilir plastik ürünler tarımın hemen hemen bütün alanlarında kullanılmaktadır. Olta takımlarından, ağaç koruyuculara ve seralara kadar yetiştiricilik (gıda) sistemlerimizin tamamında plastik kullanımı hakimdir. 2019 yılında tarımsal değeri zincirleri (bitkisel ve hayvansal) üretiminde 12.5 milyon ton, gıda ambalajında ise 37.3 milyon ton plastik ürün kullanılmıştır. Depolama, işleme ve dağıtımda kullanım miktarına ait veriler bulunmamaktadır. Ayrıca tarımsal plastik endüstrisi, sera, malçlama ve silaj filmlerine yönelik küresel talebin 2019'dan bu yana yüzde 50 artacağını öngörüyor (Şekil 3). 2018'de 6.1 milyon tondan 2030'da 9.5 milyon tona çıkması bekleniyor (Şekil 4 ve 5).



Şekil 4. Kıtalar bazında tarımda plastik kullanımı (Le Moine, 2018).



Şekil 5. Tarımda plastik kullanılan alanlar (APE Europe, 2019).

Bitkisel üretim ve hayvancılık 10 milyon ton/yıl

Su ürünleri yetiştiriciliği 2.1 milyon ton/yıl

Ormancılık 0.2 milyon ton/yıl plastik kullanılmaktadır.

1.2. Tarımda Plastik Kullanımının Çevresel Etkileri

Tarım topraklarında mikroplastik varlığı son zamanlarda araştırmacıların ve toplumların giderek daha fazla ilgisini çekmektedir. Mikroplastikler 5 mm'den küçük boyutlu plastik parçalarıdır. Mikroplastikler yakın zamanda geniş bir aralıkta toprak, tatlı su, okyanus ve organizmalarda tespit edilmiştir (He vd., 2018). Mikroplastik kontaminasyonun aşırı artması, dünya çapında büyüyen bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmıştır.

Mikroplastiklerin tarım toprak ortamındaki varlığı ve gıda zincirine olası aktarımıyla ilgili bilinmeyen riskler bu ilginin temelini oluşturmaktadır. Toprak, birçok farklı antropojenik kaynakla örneğin atmosferik birikim (Allen vd., 2021), kirli su, plastik malçlama (Yadav vd., 2022), gübre kaplamalar, sulama (Bian vd., 2022), sel, çöp atma ve toprak iyileştirme uygulamaları örneğin kompost ve arıtma çamuru kullanımı ile mikroplastik oluşturmaktadır (Zhang vd., 2020).

Genel olarak, toprak yüzeyinde (sığ alanda) derin topraklara göre daha fazla mikroplastik bulunmuştur (Liu vd., 2018). Çeşitli yollarla toprak yüzeyinde biriken mikroplastikler daha sonra daha derin toprağa göç ederler veya çevreye dağılıbilir (Guo vd., 2020). Bu nedenle toprak sadece önemli bir mikroplastik havuzu değil, aynı zamanda mikroplastiklerin yeraltı suyuna ve okyanus ortamına da taşıyıcısıdır (Qi vd., 2020). Toprak mikroplastiklerinin su ekosistemine taşınması esas olarak yüzey akışı, erozyon vb. ile ilişkilidir (Bläsing ve Amelung, 2018). Toprakta yaşayan hayvanlar arasında özellikle solucanlar, kazma ve yutma yoluyla toprak mikroplastiklerinin taşıyıcısı veya dağıtıcısı konumundadır. Ayrıca diğer toprak canlıları örneğin akarlar, sivrisinek larvalarını içeren biyota kazma ve besleme faaliyetleri yoluyla topraktaki mikroplastikleri dağıttığı rapor edilmiştir (Al-Jaibachi vd., 2019).

Mikroplastikler üst topraklarda biriktiğinde, hava koşullarına maruz kalma, güneş ve UV radyasyonunun yanı sıra artan oksijen mevcudiyeti ve sıcaklık nedeniyle parçalanma meydana gelir (He vd., 2018). Bu parçalanmış mikroplastikler toprak profili boyunca dikey olarak göç edebilir veya toprak yüzeyi boyunca yatay olarak göç eder ve neticede plastik kirliliğinin toprağın derinliklerine, yeraltı suyuna ve sucul ekosistemler gibi geniş bir alana yayılmasına yol açar. Aslında yoğun antropojenik faaliyetler, mikroplastik kirleticilerin dağılımı teşvik eder ve sonuçta toprağın biyojeokimyasal özellikleri ve biyolojik çeşitliliğini etkiler (He vd., 2018).

Toprak profiline taşınan mikroplastikler, toprağın fiziksel özelliklerini, özellikle de gözenekliliği dönüştürebilir, böylece toprağın işlevi için önemli parametreler olan su döngüsünü ve toprak agregat oluşumunu etkileyebilirler (Wang vd., 2020). De Souza Machado vd., (2019), toprağa mikroplastik girişinin toprağın çeşitli fiziksel parametrelerini değiştirdiğini, özellikle toprak yoğunluğu ile suya dayanıklı agregatlarda azalma tespit etmişlerdir.

Tarımsal plastikler zarar gördüklerinde, bozunduklarında veya çevreye atıldığında ciddi bir kirlilik riski ve dolayısıyla insan ve ekosistem sağlığına zarar verme riski taşımaktadırlar. Yaygın ve uzun vadeli kullanımları, sistematik toplama ve sürdürülebilir yönetim eksikliği ile birleştiğinde toprakta ve sucul ortamlarda birikimlere yol açmaktadır. Tarımsal plastik ürünlerin çoğu tek kullanımlıktır ve kullanım amacından uzun süre sonra da çevrede varlığını sürdürebilir. Mikroplastiklere dönüşerek gıda zincirlerine aktarılıp birikebilirler; gıda güvenliğini ve potansiyel olarak insan sağlığını tehdit edebilirler (Kim vd., 2021; Yadav vd., 2022; Yu vd., 2022).

2. TARIM TOPRAKLARI VE MİKROPLASTİKLER

Topraklar, tarımsal plastiklerin ana alıcılarından biridir ve okyanuslardan daha fazla miktarda mikroplastik içerdiği bilinmektedir. Topraklarda mikroplastiklerin tespiti için standartlaştırılmış bir yöntemin olmayışı ve mikroplastik kirliliği bağlamında toprak ortamının izlenmesini gerektiren yasal düzenlemelerin bulunmaması nedeniyle, Avrupa topraklarında mikroplastik kirliliğine ilişkin veriler çok sınırlıdır.

Tarımsal plastik ürünlerin hasar görmesi, bozulması veya atılması (3D olarak adlandırılan, Damaged, Degraded, Discarded) ve mikroplastikle kirlenmiş organik katkıların ve sulama suyunun uygulanması yoluyla tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sızıntı oluşmaktadır. 3D oldukça iyi tanımlanmış (Lau vd., 2020), ancak tarımda plastik kullanımının kapsamını ve bunların çevreye nasıl sızabileceğini özetleyen Dünyada fazla sayıda rapor bulunmamaktadır.

2.1. 3 D (Damaged, Degraded, Discarded)

Çevreye zarar veren, bozulan veya atılan plastiklere bazen “sızdıran plastik” (Boucher ve Billard, 2019) veya “yanlış yönetilen plastik” (Jambeck vd., 2015) olarak adlandırılmakta ve bu son yıllarda pek çok araştırmanın odak noktası olmuştur (Richardson vd., 2019).

Plastik atıkların yaklaşık %32’sinin toprak ortamına sızdığı tahmin edilmektedir (de Souza Machado vd., 2018). Sucul sistemlerde %80 mikroplastiklerin karadan geldiği bilinmektedir (Steensgaard vd., 2017). Bu nedenlerle tarımsal topraklar, karasal ekosistemlerde plastiklerin “sıcak noktaları” olarak değerlendirilmekte ve plastik atıklar toprakta biriktiği için çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemlere maruz kalarak plastiğin daha küçük (<5 mm) parçalara (mikroplastikler) ayrılmasına neden olmaktadır.

Karada kullanılan tarımsal plastiklerin mikroplastik kirliliğe neden olduğuna ve bunun daha sonra diğer ortamlara yayılabileceğine dair az sayıda fakat güçlü kanıtlar bulunmaktadır. Akdeniz’deki deniz çayırlarından alınan topraklar üzerinde yapılan bir çalışmada, İspanya’nın Almeria kenti yakınlarında mikroplastik kirliliğinin arttığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak tarımsal uygulamalardaki değişikliklerle yoğun sera üretiminin olduğu ifade edilmektedir (Dahl vd., 2021). Mikroplastiklerin, bisfenol A (BPA) veya ftalatlar gibi endokrin bozucu bileşikler (EDC) olarak bilinen kimyasal katkı maddelerini toprağa vermektedir. Ayrıca hidrofobik yüzeyinde çeşitli toksik maddeleri taşıyabilmeleri nedeniyle toprakta toksik bileşikler olduğundan şüphelenilmektedir. Ağır metaller, antibiyotikler, organik kirleticilerden Poliklorlu Bifeniller (PCB) veya Poliaromatik Hidrokarbonlar (PAH) topraktaki kimyasal kirleticilerin vektörleri olarak görev yapmaktadır. Netice olarak mikroplastikler toprağın tüm işlevlerini etkilediğinden ve potansiyel olarak toksik bileşikler taşıdıklarından, toprak sağlığını etkiler ve bitkisel ve hayvansal üretim ve neticede insan sağlığı ve gıda güvenliği üzerinde potansiyel olumsuz etkiler oluştururlar (Medynska-Juraszek & Szczepanska, 2023; Shafea et al. 2023).

Polonya'nın Güney Batı kısmındaki ekili toprakların %93'ünün mikroplastik içerdiği tespit edilmiştir. Mikroplastik içeriği toprak türleri ve arazinin mevcut/eski kullanımı arasında değişiklik göstermiştir. Tınlı ve killi topraklar, kumlu topraklarla karşılaştırıldığında daha fazla mikroplastik (4 kat) içermiştir. En yüksek mikroplastik konsantrasyonları, arıtma çamuru, atık sular ve yeşil atık kompostlarıyla değiştirilmiş topraklarda, toprağın malçlanması, organik gübre kullanımı, tohum kaplama veya atık boşaltma gibi tarımsal kaynaklarla ilişkilendirilmiştir (Medynska-Juraszek & Szczepanska, 2023).

Toprak özelliklerinin değişmesi, bitkiler ve hayvanlarda, ayrıca gıda güvenliği açısından olumsuzluklara neden olur ve sonuçta insan sağlığını tehdit eder. Mikroplastikler ekosistemler üzerindeki etkisi farklı faktörlere bağlıdır. Bunların başlıcaları etkilenen bölge, plastik atık türü, ekosistem kırılabilirliğinin düzeyi ve mevcut ekosistemdeki organizmalardır. Fizikokimyasal ortamda mikroplastiklerin varlığı toprak, hava ve su kalitesini büyük ölçüde azaltır. Mikroplastikler toprağın strüktür, performans ve mikrobiyal çeşitlilik gibi toprak özellikleri üzerinde etkiler oluşturmaktadır (Guo vd., 2020)

Topraktaki organik madde, stabilite ve boyut, toprak parçacıklarının miktarı, toprağın su tutma kapasitesi, yoğunluk ve asitliği mikroplastiklerden etkilenmektedir (Yang vd., 2021). Bazı mikroplastikler uzun vadeli stabiliteye sahip karbon elementleri içerir, bu toprakta organik karbon miktarını artırır. Daha sonra karbon döngüsü bir şekilde etkilenir. Topraktaki CO₂ emisyonunun artması, topraktaki mikrobiyal süreçlere, bitki büyümesine ve atık maddelerin toprakta ayrışmasına etki eder. Mikroplastikler toprakta N, P ve K' u önemli ölçüde azaltır. Organik madde miktarı da topraktaki mikroplastik parçacıkların miktarı ile ilişkilidir (Selonen vd., 2021; Tian vd., 2022).

Mikroplastikler mikroorganizmaların yoğunluğu ve biyolojik çeşitliliği üzerinde doğrudan veya dolaylı etki oluşturmaktadır. Mikroplastik parçacıkları aynı zamanda mikroorganizmaların metabolik işlev dengesini (Yu vd., 2021) ve biyoçeşitlilikle ilgili ekofizyolojik fonksiyonlarını bozabilir (Guo vd., 2020). Mikroplastik yüzeyleri aynı zamanda mikroorganizmaların birikimi için uygun bir yer olabilir (Wright vd., 2020).

Mikroplastiklerin ekolojik ve sosyal çevreler üzerinde çeşitli olumsuz fiziksel-kimyasal etkileri vardır. Besin zincirinde aktarılma olasılığı, toksik maddeleri absorbe etme ve taşıma potansiyeli gibi faktörler, bu parçacıkların deniz ve kara ekosistemleri ile insan sağlığı açısından ciddi bir tehdit olarak değerlendirilmesine neden olmuştur.

Hem tarımsal plastik kirliliğinin neden olduğu doğrudan çevresel zararı, hem de petrol türevi plastiklerin kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının dolaylı bunların sebep olduğu etkileri azaltacak önlemlerin öncelikli olarak hayata geçirilmesi gerekiyor

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımsal plastik kirliliğiyle mücadele FAO ve BM Çevre Programı tarafından 2021’de başlatılan Birleşmiş Milletler Ekosistem Restorasyonuna ilişkin 10 yıllık hedeflerin gerçekleştirilmesine yardımcı olmada hayati bir önlem olacaktır. Aynı zamanda FAO’ nun yeni Stratejik Çerçevesi 2022-2030’a ve program öncelik alanına da yanıt vermektedir. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 12-Atık imhası dahil Sorumlu Tüketim ve Üretim’e özel önem veren Sürdürülebilir Gıda ve Tarım için Biyoekonomi doğrudan bu konunun önemini ifade etmektedir. Sonuçta, tarımsal plastik kirliliğiyle mücadele etmek, daha iyi üretim, daha iyi beslenme, daha iyi bir çevre ve daha iyi bir yaşam için daha verimli, kapsayıcı, dayanıklı ve sürdürülebilir tarımsal gıda sistemlerine ulaşmak için çok önemlidir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Allen, S., Allen, D., Baladima, F., Phoenix, V. R., Thomas, J. L., Le Roux, G., & Sonke, J. E. (2021). Evidence of free tropospheric and long-range transport of microplastic at Pic du Midi Observatory. *Nature communications*, 12(1), 7242. Doi: 10.1038/s41467-021-27454-7
- Al-Jaibachi, R., Cuthbert, R. N., & Callaghan, A. (2019). Examining effects of ontogenic microplastic transference on *Culex* mosquito mortality and adult weight. *Science of the total environment*, 651, 871-876. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.236
- APE Europe (2019). Statistics - Plasticulture in Europe. In: APE Europe. <https://apeeurope.eu/statistics/> Erişim Tarihi: 09.11.2023.
- Bian, W., An, L., Zhang, S., Feng, J., Sun, D., Yao, Y., Shen, T., Yang, Y. & Zhang, M. (2022). The long-term effects of microplastics on soil organomineral complexes and bacterial communities from controlled-release fertilizer residual coating. *Journal of Environmental Management*, 304, 114193. Doi: 10.1016/j.jenvman.2021.114193
- Bläsing, M., & Amelung, W. (2018). Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Science of the total environment*, 612, 422-435. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.086
- Boucher, J., & Billard, G. (2019). The challenges of measuring plastic pollution. *Field Actions Science Reports. The Journal of Field Actions*, (Special Issue 19), 68-75. <http://journals.openedition.org/factsreports/5319>
- Dahl, M., Bergman, S., Björk, M., Diaz-Almela, E., Granberg, M., Gullström, M., Leiva-Dueñas, C., Magnusson, K., Marco-Méndez, C., Piñeiro-Juncal, N. & Mateo, M. Á. (2021). A temporal record of microplastic pollution in Mediterranean seagrass soils. *Environmental Pollution*, 273, 116451. Doi: 10.1016/j.envpol.2021.116451
- de Souza Machado, A. A., Lau, C. W., Till, J., Kloas, W., Lehmann, A., Becker, R., & Rillig, M. C. (2018). Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. *Environmental science & technology*, 52(17), 9656-9665. Doi: 10.1021/acs.est.8b02212
- de Souza Machado, A. A., Lau, C. W., Till, J., Kloas, W., Lehmann, A., Becker, R., & Rillig, M. C. (2018). Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. *Environmental science & technology*, 52(17), 9656-9665. Doi: 10.1021/acs.est.8b02212
- Guo, J. J., Huang, X. P., Xiang, L., Wang, Y. Z., Li, Y. W., Li, H., ... & Wong, M. H. (2020). Source, migration and toxicology of microplastics in soil. *Environment international*, 137, 105263. Doi: 10.1016/j.envint.2019.105263
- Han, J. W., Ruiz-Garcia, L., Qian, J. P., & Yang, X. T. (2018). Food packaging: A comprehensive review and future trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(4), 860-877. Doi: 10.1111/1541-4337.12343

- He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. (2018). Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 109, 163-172. Doi: 10.1016/j.trac.2018.10.006
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771. 10.1126/science.1260352
- Kim, Y. N., Yoon, J. H., & Kim, K. H. J. (2021). Microplastic contamination in soil environment—a review. *Soil Science Annual*, 71(4), 300-308. Doi: 10.37501/soilsa/131646
- Kumar, M., Xiong, X., He, M., Tsang, D. C., Gupta, J., Khan, E., ... & Bolan, N. S. (2020). Microplastics as pollutants in agricultural soils. *Environmental Pollution*, 265, 114980.. Doi: 10.1016/j.envpol.2020.114980
- Le Moine, B. 2018. Worldwide Plasticulture - a focus on films. Paper presented at 21st CIPA Congress, May 2018, Arcachon, France. [Cited 23 March 2021]. https://cipa-plasticulture.com/wp-content/uploads/2018/06/Worlwide-Plasticulture_Le-Moine_CIPA.pptx.
- Liu, M., Lu, S., Song, Y., Lei, L., Hu, J., Lv, W., Zhou, W., Cao, C., Shi, H., Yang, X. & He, D. (2018). Microplastic and mesoplastic pollution in farmland soils in suburbs of Shanghai, China. *Environmental pollution*, 242, 855-862. Doi: 10.1016/j.envpol.2018.07.051
- Medyńska-Juraszek, A., & Szczepańska, A. (2023). Microplastic Pollution in EU Farmland Soils: Preliminary Findings from Agricultural Soils (Southwestern Poland). *Agriculture*, 13(9), 1733. Doi: 10.3390/agriculture13091733
- Richardson, K., Hardesty, B. D., & Wilcox, C. (2019). Estimates of fishing gear loss rates at a global scale: A literature review and meta-analysis. *Fish and Fisheries*, 20(6), 1218-1231. Doi: 10.1111/faf.12407
- Qi, R., Jones, D. L., Li, Z., Liu, Q., & Yan, C. (2020). Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: A critical review. *Science of the Total Environment*, 703, 134722. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134722
- Selonen, S., Dolar, A., Kokalj, A. J., Sackey, L. N., Skalar, T., Fernandes, V. C., Rede, Delerue-Matos, C., Hurley, R., Nizzetto, L. & van Gestel, C. A. (2021). Exploring the impacts of microplastics and associated chemicals in the terrestrial environment—Exposure of soil invertebrates to tire particles. *Environmental Research*, 201, 111495. Doi: 10.1016/j.envres.2021.111495
- Shafea, L., Yap, J., Beriot, N., Felde, V. J., Okoffo, E. D., Enyoh, C. E., & Peth, S. (2023). Microplastics in agroecosystems: A review of effects on soil biota and key soil functions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 186(1), 5-22. Doi: 10.1002/jpln.202200136
- Steensgaard, I. M., Syberg, K., Rist, S., Hartmann, N. B., Boldrin, A., & Hansen, S. F. (2017). From macro- to microplastics-Analysis of EU regulation along the life cycle of plastic bags. *Environmental Pollution*, 224, 289-299. Doi: 10.1016/j.envpol.2017.02.007

- Tian, L., Jinjin, C., Ji, R., Ma, Y., & Yu, X. (2022). Microplastics in agricultural soils: sources, effects, and their fate. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 25, 100311. Doi: 10.1016/j.coesh.2021.100311
- Wang, W., Ge, J., Yu, X., & Li, H. (2020). Environmental fate and impacts of microplastics in soil ecosystems: Progress and perspective. *Science of the total environment*, 708, 134841. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134841
- Wright, S. L., Ulke, J., Font, A., Chan, K. L. A., & Kelly, F. J. (2020). Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport. *Environment international*, 136, 105411. Doi: 10.1016/j.envint.2019.105411
- Yadav, V., Dhanger, S., & Sharma, J. (2022). Microplastics accumulation in agricultural soil: Evidence for the presence, potential effects, extraction, and current bioremediation approaches. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 10(2), 38-47. 10.7324/JABB.2022.10s204
- Yang, L., Zhang, Y., Kang, S., Wang, Z., & Wu, C. (2021). Microplastics in soil: A review on methods, occurrence, sources, and potential risk. *Science of the Total Environment*, 780, 146546. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146546
- Yu, H., Zhang, Y., Tan, W., & Zhang, Z. (2022). Microplastics as an emerging environmental pollutant in agricultural soils: effects on ecosystems and human health. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 217. Doi: 10.3389/fenvs.2022.855292
- Zhang, B., Yang, X., Chen, L., Chao, J., Teng, J., & Wang, Q. (2020). Microplastics in soils: a review of possible sources, analytical methods and ecological impacts. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 95(8), 2052-2068. Doi: 10.1002/jctb.6334

Yazarlar Hakkında / About Authors

**Prof. Dr. Sezai ERCİŞLİ | Atatürk Üniversitesi |
sercisli[at]atauni.edu.tr | ORCID: 0000-0001-5006-5687**

1989 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümün' den Fakülte 1. si olarak mezun oldu. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Meyve Yetiştirme ve Islahı Anabilim Dalında 1992 yılında yüksek lisansını, 1996 yılında doktora eğitimini tamamladı. 1996 yılında Yardımcı Doçent Doktor olarak atandı. 1997-1998 yılları arasında kendi imkanlarıyla 15 ay süreyle ABD Nebraska Üniversitesi Doğa Bilimleri Fakültesinde Bitki Biyoteknolojisi konusunda çalışmalarını sürdürdü. 2000 yılında Doçent, 2005 yılında Profesör ünvanlarını aldı. Bitki Biyoteknolojisi konusunda 20 adet uluslararası kongre ve sempozyuma başkanlık etti. 2014-2016 yılları arasında "Springer" tarafından yayınlanan "Biochemical Genetics" dergisinde Baş editörlük yaptı. 2014 yılından itibaren "Tübitak" tarafından yayınlanan "Turkish Journal of Agriculture and Forestry" dergisinin Baş Editörlüğünü yürütmektedir. Stanford Üniversitesinin 2023 yılı çalışmasına göre Dünyada ki en başarılı 100.000 akademisyen arasında yer aldı. Avrupa Birliği Çatısı altında yer alan Avrupa Meyve Yetiştiricileri Birliği Türkiye Temsilciliği, Dünya Kayısı Birliği Başkanlığı, Çay ve Yalancı iğde konseyi Türkiye temsilciliğini yürütmektedir. 2016-2020 yılları Rektör yardımcılığı göreviyle birlikte akademik yaşamı süresinde çok sayıda idari görev üstlenmiştir. 2023 yılında Rusya Bilimler Akademisi tarafından fahri doktora ünvanı verildi.

**Prof. Dr. Sezai ERCİŞLİ | Atatürk University |
sercisli[at]atauni.edu.tr | ORCID: 0000-0001-5006-5687**

In 1989, he graduated from Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, as the top student of the faculty. He completed his master's degree in 1992 and his doctorate in 1996 at Atatürk University, Institute of Science, Department of Fruit Growing and Breeding. He was appointed as Assistant Professor Doctor in 1996. Between 1997 and 1998, he continued his studies on Plant Biotechnology at the Faculty of Natural Sciences of the University of Nebraska, USA, for 15 months with his own means. He received the title of Associate Professor in 2000 and Professor in 2005. He chaired 20 international congresses and symposiums on Plant Biotechnology. He was the Chief Editor of the journal "Biochemical Genetics" published by "Springer" between 2014 and 2016. He has been the Chief Editor of the "Turkish Journal of Agriculture and Forestry" published by "Tübitak" since 2014. According to Stanford University's 2023 study, he was among the 100,000 most successful academics in the world. He is the Turkey Representative of the European Fruit Growers Association, which is under the umbrella of the European Union, the World Apricot Association Presidency, and the Turkey representative of the Tea and Sea buckthorn Council. He served as Vice Rector between 2016 and 2020, and took on many administrative duties during his academic life. He was awarded an honorary doctorate by the Russian Academy of Sciences in 2023.



HATALI SU KULLANIMI VE BİYOÇEŞİTLİLİK KAYBI

IMPROPER WATER USE AND BIODIVERSITY LOSS

Üstün ŞAHİN

HATALI SU KULLANIMI VE BİYOÇEŞİTLİLİK KAYBI

Üstün ŞAHİN
Atatürk Üniversitesi

Özet

Türkiye’de kıt tatlı su kaynaklarına talepte artış, hâlihazırda birçok bölgede yaşanan su kıtlığının daha fazla yayılmaması için suyun korunmasını inanılmaz derecede önemli kılmaktadır. Su havzalarının yerleşimlerle, sanayi tesisleriyle ve bitki örtüsüne müdahalelerle özelliklerinin bozulması, su akış yollarının değiştirilmesi hidrolojik dengeyi bozmaktadır. Aşırı su tüketimi, atıksular ve tarımdan dönen suların su kütlelerini kirlletmesi, göllerde, sulak alanlarda ve akarsularda doğal filtreleme işlemi gören organizmaların yok olması ekosisteme önemli zararlar vermektedir. Küresel ölçekte gerçekleşen iklim değişikliği de yağış miktar ve şiddetlerini değiştirerek, karın erimesini hızlandırarak, miktarını azaltarak temiz su potansiyelini sınırlandırması yanında buharlaşma ve terlemeyi artırarak kaynak yeterliliğini baskılamaktadır. Artan nüfus ve gıda ihtiyacına bağlı olarak insanların eskisinden daha fazla su kullanması da giderek artan bir tehdit oluşturmaktadır. Dünya üzerinde insanlar da dâhil olmak üzere milyonlarca diğer türün tatlı su kaynaklarının bulunduğu habitatlarda yaşadığı dikkate alındığında, bu kıt kaynak üzerindeki baskıların biyoçeşitliliği azaltması kaçınılmazdır. Türkiye’de su havzalarının korunmasındaki yetersizlikler, azalan yağış, sel rejiminde akışlarda artışlar, su kaynaklarının kirlenmesi, artan gıda talebi nedeniyle sulu tarım alanlarının artırılması gerekliliği ve sulama suyu yönetim problemlerinin yarattığı biyoçeşitlilik kaybını önlemede hidrolojik dengeler gözetilerek tatlı su depolamasının artırılması, su kalitesinin korunması ve tarımda suyun verimli kullanılması metodlarının geliştirilmesi öncelikli konular olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler

Su yeterliliği, Hayvancılık su ayak izi, Atıksu, Sulama pratikleri

IMPROPER WATER USE AND BIODIVERSITY LOSS

Üstün ŞAHİN
Ataturk University

Abstract

The increase in demand for scarce freshwater resources in Türkiye makes water conservation incredibly important to prevent further spread of water scarcity, which is already experienced in many regions. Deterioration of the characteristics of water basins by settlements, industrial facilities and interventions on vegetation and alteration of water flow paths disrupt the hydrological balance. Excessive water consumption, wastewater and agricultural discharges polluting water bodies, and the destruction of organisms that provide natural filtering in the lakes, wetlands and streams cause significant damage to the ecosystem. Climate change occurring on a global scale also limits the freshwater potential by changing the amount and intensity of precipitation, accelerating the melting of snow, reducing its amount, and also suppresses resource adequacy by increasing evaporation and transpiration. Due to the increasing population and food needs, people's use of more water than before poses an increasing threat. Considering that millions of other species on earth, including humans, live in habitats containing freshwater resources, it is inevitable that pressures on this scarce resource will reduce biodiversity. In Türkiye, inadequacies in the protection of water basins, decreasing rainfall, increases in flows during flood regimes, pollution of water resources, the need to increase irrigated agricultural areas due to increasing food demand, and irrigation water management problems create biodiversity loss. In order to prevent this, increasing freshwater storage by considering hydrological balances, protecting water quality and developing methods for efficient use of water in agriculture are considered priority issues.

Keywords

Water adequacy, Livestock water footprint, Wastewater, Irrigation practices

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler Nüfus Dairesi Başkanlığı'nın son tahminleri, dünya nüfusunun 2030'da yaklaşık 8,5 milyara, 2050'de 9,7 milyara çıkabileceğini göstermektedir (United Nations, 2022). TÜİK (2018) raporuna göre 2040 yılında 100 milyonu aşması beklenen Türkiye'de de yaşamsal gereksinimden dolayı toplumlar ve ekosistem için önemi büyük olan su, aynı zamanda kıt bir kaynak olması nedeniyle sürdürülebilir kalkınmanın da temel unsuru olacaktır.

Dünyadaki suyun %2,5'inin nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunduğu ve bununda %90'ının derin yeraltı suyu ve buzullardaki su olduğu dikkate alındığında, gelecekte temiz suya ulaşamayan veya sorun yaşayanların sayısında artış yanında biyoçeşitliliğin korunamaması nedeniyle doğal yaşamın da olumsuz etkileneceği beklenmektedir. Bu riskin iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki tehdidiyle yeni bir boyut kazandığı da dikkate alındığında, dünya ölçeğinde %70 gibi bir oranla suyu en çok kullanan sektör olan tarımda su verimliliğinin artırılması kaçınılmazdır (Su Şurası, 2021). Afrika ve Asya için %82 ve %81 ve Türkiye için %77 tarımda su kullanım oranı dikkate alındığında, suyun tarımsal yönetiminin ülkemiz ve bulunduğu coğrafya için ne kadar önemli ve acil bir konu olduğu daha iyi anlaşılmaktadır.

Yağışın yıllara göre değişkenliği ve mevsimsel değişkenlikler, bitkilerin su ihtiyaçları ve su talep edilen dönemler dikkate alındığında, depolama yapılarının su hacmi ve aşağı akış şartlarını sağlamada yetersizliği, su iletim-dağıtım sistemlerindeki kayıplar, hatalı bitki deseni seçimleri, sulama yöntem-yönetim teknik ve teknolojilerinde yetersizlikler, çiftçilerin fazla su kullanma eğilimleri ve sulamadan dönen suların alıcı ortamlara deşarjı veya sızması sonucu oluşan kirlilik sorunu, su kaynaklarının tarımda etkili bir şekilde yönetilmesini zorlaştırmakta ve aşırı sömürülmesi sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Arzı zorlayacak miktarlarda su kullanılan havzalarda flora ve fauna olumsuz etkilenmekte ve sonuçta ekosistemin dengesini sağlayan biyoçeşitlilikte geri döndürülemez hasarlar ortaya çıkmaktadır.

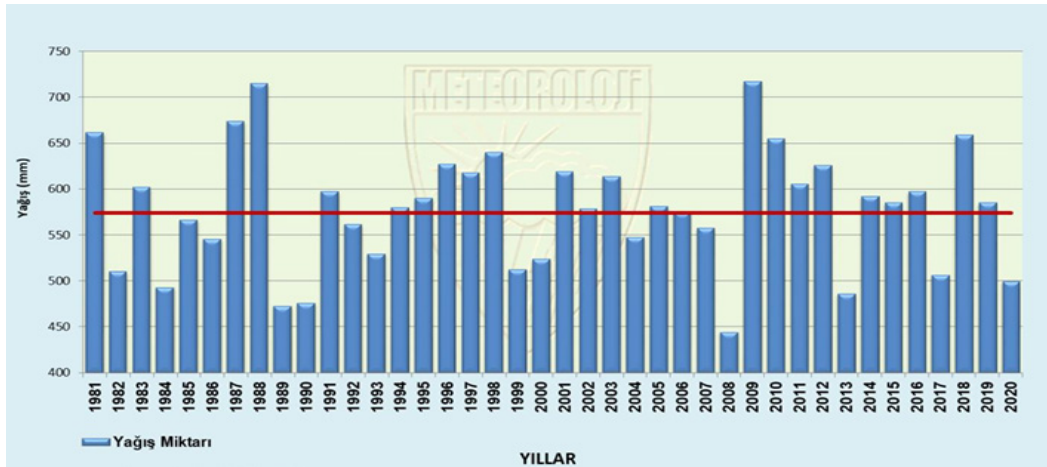
Gelecekte ülkemizdeki tatlı su kullanımının iklim değişiminin de etkisiyle baskı altında olacağı gerçeği, suyu en çok kullanan sektör olan tarımda, sosyal ve çevresel açıdan sürdürülebilirlik sağlayacak şekilde su yönetimi çözümlerinin üretilmesini zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla, Su-Gıda-Enerji-Ekosistem ilişkisini temel alan, su kalitesini de gözetken bütüncül bir yaklaşım, karar süreçlerinin önemli stratejilerini oluşturacaktır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018).

Bu çalışmada; öncelikle Türkiye'nin su varlığı tanımlanmış, yeterliliği uluslararası düzeyde ölçütlerle ve iklim değişikliği seneryolarıyla hem ülkesel ve hem de su arzı sınırlı bölgelerimiz özelinde tartışılmıştır. Hayvancılık sektörü su gereksinimleri de incelenmiş, suyun depolanmasından uygulanmasına kadar tarımsal sulamanın mevcut durumu ve süreçteki gelişmelerin su verimliliği açısından etkileri ve eksiklikleri değerlendirilmiştir.

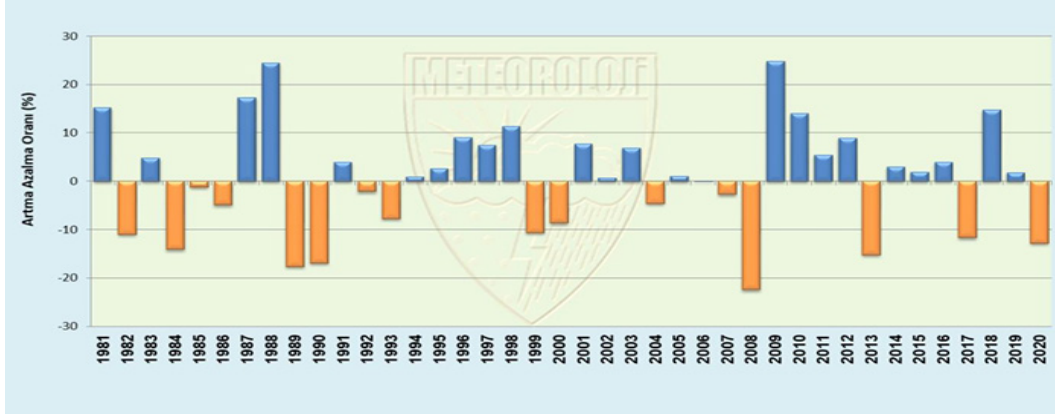
2. TÜRKİYE'NİN SU VARLIĞI VE YETERLİLİĞİ

Türkiye 778.493 km²'lik alanı kaplayan toplam 25 akarsu havzasını barındırmaktadır. Ülke yüzölçümünün %22.6'sına denk gelen yağış alanı ve %30.4'üne karışık gelen ortalama yıllık akış hacmiyle Fırat-Dicle havzası birinci sırada gelmekte, alan ölçeğinde bunu Kızılırmak, Sakarya ve Konya Kapalı Havzaları, ortalama yıllık akış hacmi ölçeğinde de Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Antalya Havzaları izlemektedir (Devlet Su İşleri, 2022a).

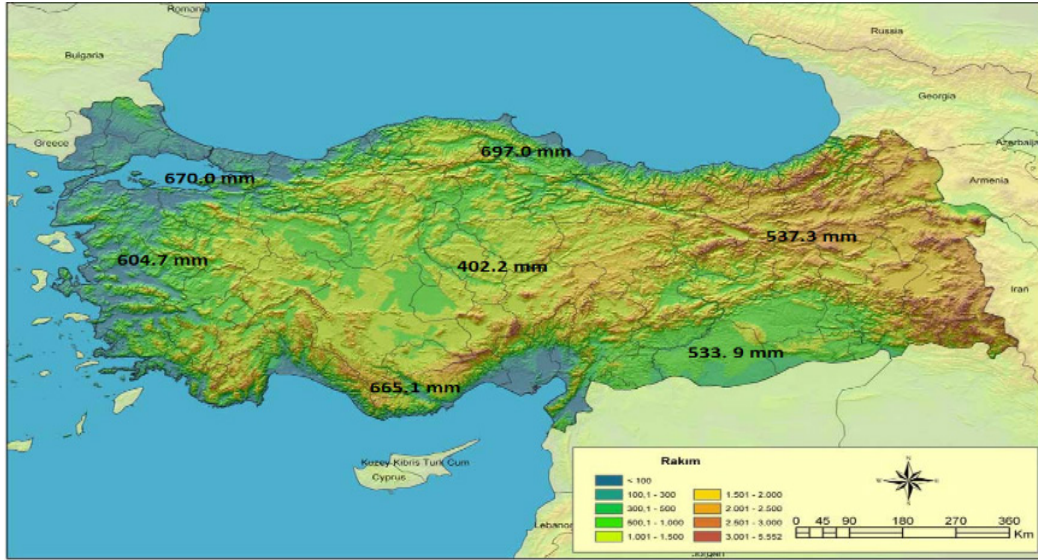
Ülkemizde tatlı suyun kaynağını oluşturan yağışın, yakın dönem uzun yıllar ortalaması 574 mm'dir (Şekil 1). Ancak yıllara göre değişimlerin miktarı %20' yi aşabilmektedir (Şekil 2). Bölgesel olarak Karadeniz (697,0 mm), Marmara (670,0 mm), Akdeniz (665,1 mm) ve Ege (604,7 mm) bölgeleri Türkiye ortalamasının üzerinde, Doğu Anadolu (537,3 mm), Güney Doğu Anadolu (533,9 mm) ve İç Anadolu (402,2 mm) bölgeleri Türkiye ortalamasının altında yağış almaktadır (Şekil 3).



Şekil 1. Türkiye'de yıllık yağış değişimleri. [www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2020alansal.pdf (Erişim tarihi: 17 Ağustos 2023)]

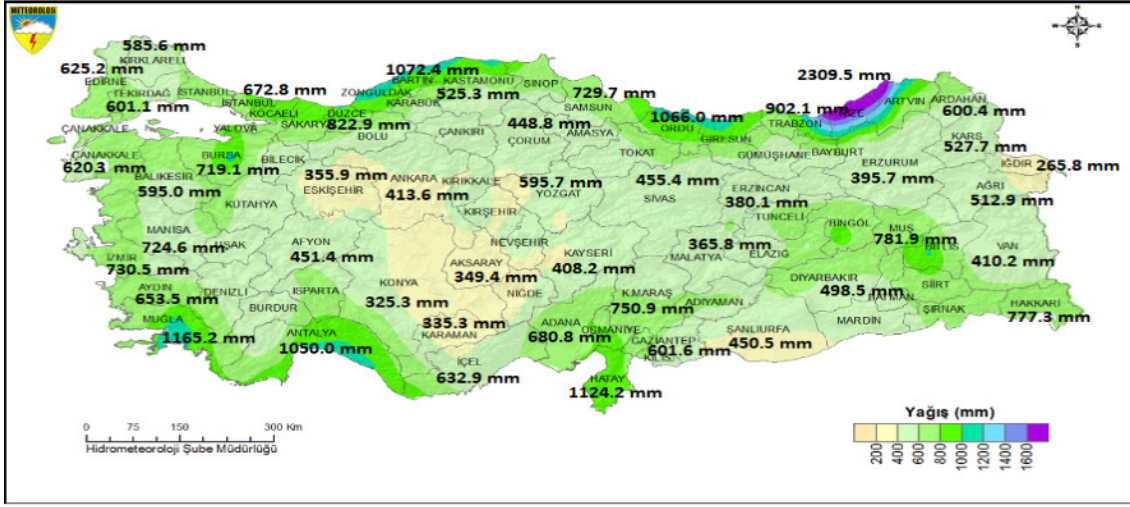


Şekil 2. Türkiye’de yıllık yağışların normallerine göre değişim oranları. [www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2020alansal.pdf] (Erişim tarihi: 17 Ağustos 2023)]



Şekil 3. Türkiye’de bölge düzeyinde yağış değerleri. [<https://www.tck.org.tr/tr/kaynakca/haritalar/turkiye-haritalari>] (Erişim tarihi: 16 Ağustos 2023)]

İller bazında yağış değerlerinde, en fazla (Rize, 2309,5 mm) ve en az yağışlı (Iğdır, 265,8 mm; Konya, 325,3 mm) iller arasında 8-9 katına varan yağış farklılıklarının olduğu görülmektedir (Şekil 4).



Türkiye'nin 2022 yılı nüfusu (84.680.273 kişi) dikkate alındığında ülkemizde kişi başına düşen yıllık su miktarı 1322 m³'tür. İçme-kullanma, tarım, sanayi ve enerji sektörleri ile çevresel (doğal sistem ihtiyacı) su gereksinimlerine ilişkin tahminler göz önünde bulundurularak ülkelerin toplam nüfusu ve kullanılabilir su kaynağı miktarının ilişkilendirilmesiyle belirlenen "Falkenmark indeksi"ne göre ülkemiz, su sıkıntısı yaşayan ülkeler arasında yer almaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. *Falkenmark İndeks Sınıflandırması*

Sınıflandırma	Su miktarı (m ³ /kişi/yıl)
Su sıkıntısı yok	1700 ve daha fazla
Su sıkıntısı	1700-1000
Su kıtlığı	1000-500
Kesin su kıtlığı	500 ve daha az

Su stresini belirlemek için dünyada yaygın olarak kullanılan diğer bir indeks "Su yoksulluğu İndeksi" (Water Poverty Index-WPI)'dir. İngiltere Ekoloji ve Hidroloji Merkezi ve Dünya Su Konseyi tarafından geliştirilen Su Yoksulluğu İndeksi "kaynaklar, erişim, kapasite, kullanım ve çevre" olmak üzere beş ana bileşenden oluşmaktadır. Her biri birkaç alt bileşene sahip beş ana bileşenden hesaplamayla bir skor değer belirlenerek sınıflama yapılmaktadır (Tablo 2). WPI indeksine göre de Türkiye 53,1 skor değeri ile su yoksulluğu yüksek ülke kategorisinde yer almaktadır (Gökçe, 2022).

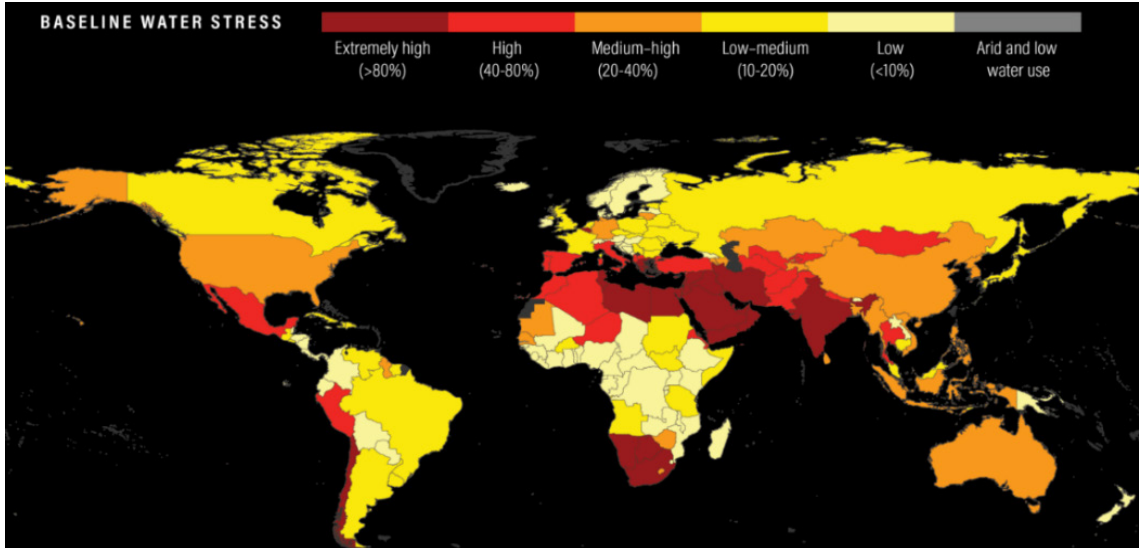
Tablo 2. *Su Yoksulluğu İndeks Sınıflandırması*

Su yoksulluğu sınıfı	Skor
Şiddetli	0-47,9
Yüksek	48,0-55,9
Orta	56,0-61,9
Orta Düşük	62,0-67,9
Düşük	68,0-100,0

Avrupa Komisyonu Su Kıtlığı ve Kuraklık Uzman Grubunun çalışmasında yer alan ve Avrupa Birliği ülkelerinde temiz su talebinin yenilebilir temiz su kaynaklarının uzun vadeli ortalamasına bölünmesiyle hesaplanan bir su kıtlığı göstergesi olan "Su Kullanım İndeksi" (Water Exploitation Index-WEI), kaynaklarına oranla yüksek su talebine sahip olan ve dolayısıyla su sıkıntısı tehlikesiyle karşı karşıya kalan ülkeleri ve bölgeleri tespit etmek, ortalama su sıkıntısı miktarını göstermek amacı ile kullanılmaktadır. %10' dan küçük WEI

değerleri su sıkıntısının olmadığını, %10–20 arasındaki değerler su sıkıntısının az olduğunu, %20’nin üzerindeki değerler su sıkıntısı olduğunu, %40’ı aşan değerler ise şiddetli su kıtlığı durumlarına işaret etmektedir (Faergemann, 2012). Türkiye’nin 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 ve 2020 yıllarında tüm sektörler bazında kaynaklardan çekilen su miktarları dikkate alınarak (Dökmeci vd., 2022) sırasıyla %19,4, %21,3, %23,9, %21,6, %25,8, %26,3 ve %26,6 olarak belirlenmiş WEI değerlerine göre de Türkiye’de su sıkıntısı olduğu tekrar teyit edilmiş ancak, bu indeks değerinin artış eğiliminde olması gelecek için daha büyük bir riskin olduğunu göstermiştir. Ülkemizde bazı avantajlı havzalar kullanım miktarını aşan bir su potansiyeline sahip olmakla birlikte, birçok havzada (Meriç, Ergene, Gediz, Büyük Menderes, Burdur Gölü, Akarçay, Konya ve Asi Nehri), yüzey ve yeraltı suyu kullanım oranları kaynakların kendini yenileyebilme kapasitesini aşarak doğal ekosistemlerini tehdit eder boyuta ulaşmıştır (Öktem & Aksoy, 2014).

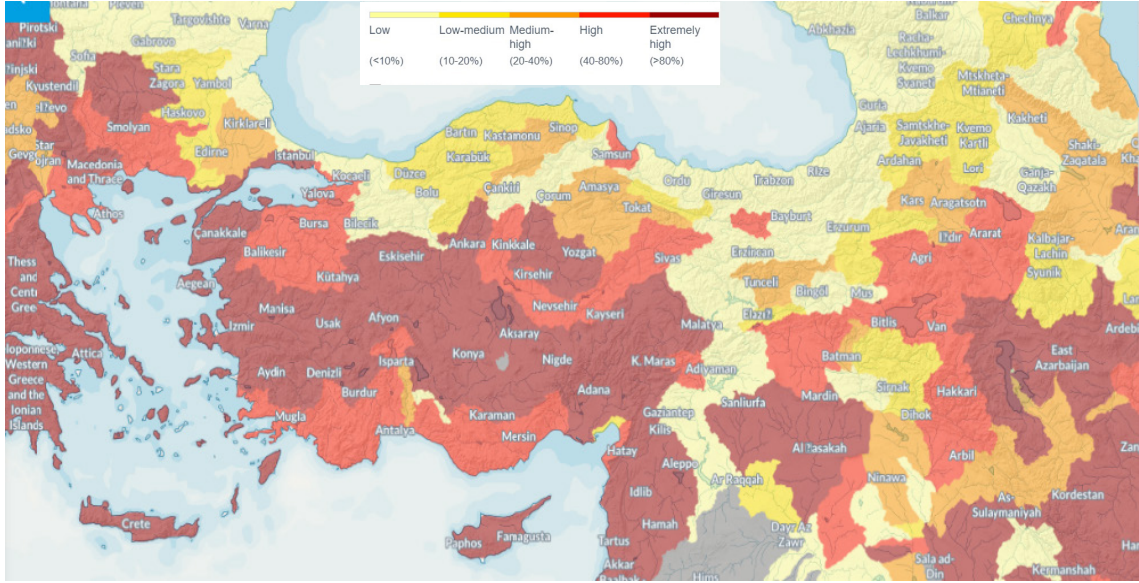
Dünya Kaynakları Enstitüsü’nün (WRI) yayımladığı ‘Su Risk Haritası’ (WRI, 2023), küresel nüfusun dörtte birini barındıran 25 ülkenin (1.Bahreyn, 2. Kıbrıs, 3. Kuveyt, 4. Lübnan, 5. Umman, 6. Katar, 7. Birleşik Arap Emirlikleri, 8. Suudi Arabistan, 9. İsrail, 10. Mısır, 11. Libya, 12. Yemen, 13. Botsvana, 14. İran, 15. Ürdün, 16. Şili, 17. San Marino, 18. Belçika, 19. Yunanistan, 20. Tunus, 21. Namibya, 22. Güney Afrika, 23. Irak, 24. Hindistan, 25. Suriye) her yıl son derece yüksek su stresiyle karşı karşıya kaldığını ve mevcut su kaynaklarının neredeyse tamamını düzenli olarak tükettiklerini göstermektedir. Bu değerlendirmede dünyada 39. sırada yer alan Türkiye ise yüksek su stresi kategorisinde yer almaktadır (Şekil 5).



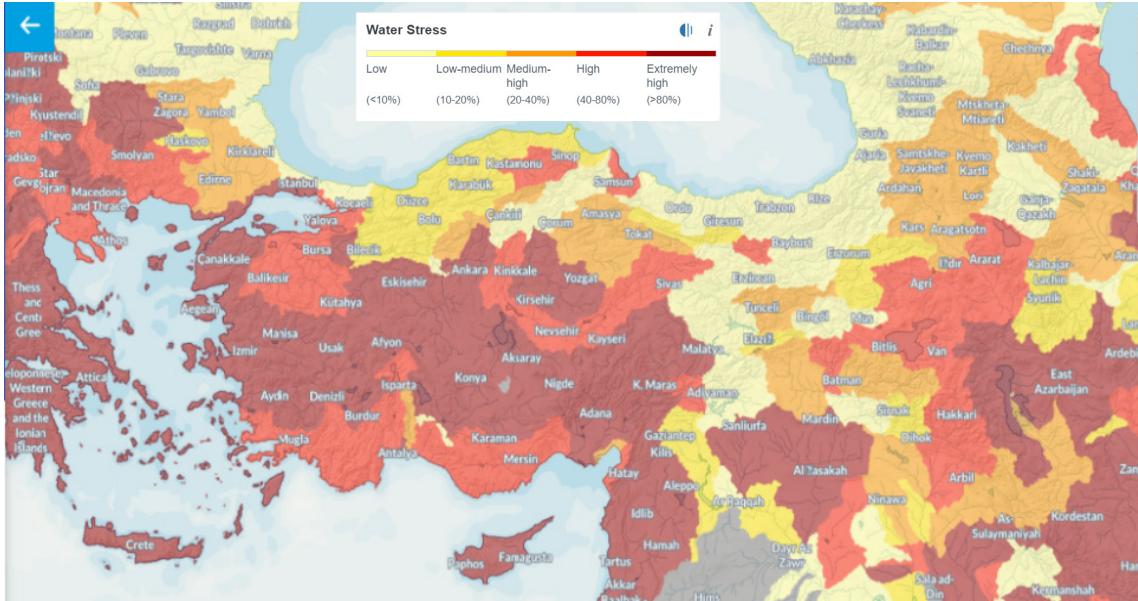
Şekil 5. Dünya su stres haritası. [<https://www.wri.org/insights/highest-water-stressed-countries> (Erişim tarihi:21 Ağustos 2023)]

Dünyada en fazla su stresi yaşayan bölgeler, nüfusun %83'ünün aşırı derecede yüksek su sıkıntısına maruz kaldığı Orta Doğu ve Kuzey Afrika ile %74'ünün maruz kaldığı Güney Asya'dır. Küresel su talebinin giderek artacağı gerçeği, Orta Doğu ve Kuzey Afrika için 2050 yılına kadar nüfusunun %100'ünün son derece yüksek su sıkıntısı yaşayacağı anlamına gelmektedir.

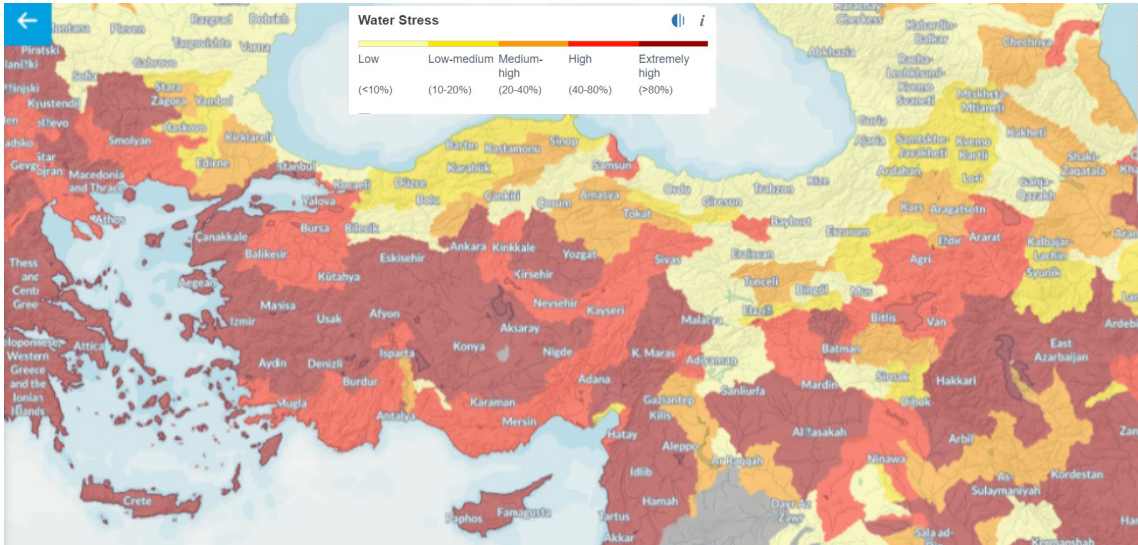
Türkiye için Dünya Kaynakları Enstitüsü'nün iyimser yaklaşımla hazırlanmış olduğu mevcut durum, 2030 ve 2050 yıllarına ait su stress haritaları incelendiğinde, Karadeniz ve Kuzey Doğu Anadolu bölgeleri (Samsun ve Bayburt hariç) nisbeten daha az su stresi etkisindedir. Diğer bölgelerde su stresi riskinin fazla olduğu, Orta Anadolu'nun doğusundan Ege denizine kadar uzanan şeritte yer alan bölgelerle, Şanlıurfa-Mardin-Iğdır-Van-Hakkâri hattındaki bölgelerin ve Hatay bölgesinin yüksek veya aşırı yüksek stress seviyesinde yer aldığı görülmektedir (Şekil 6-8).



Şekil 6. Türkiye'nin mevcut su stress haritası. [<https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas> (Erişim tarihi: 21 Ağustos 2023)]



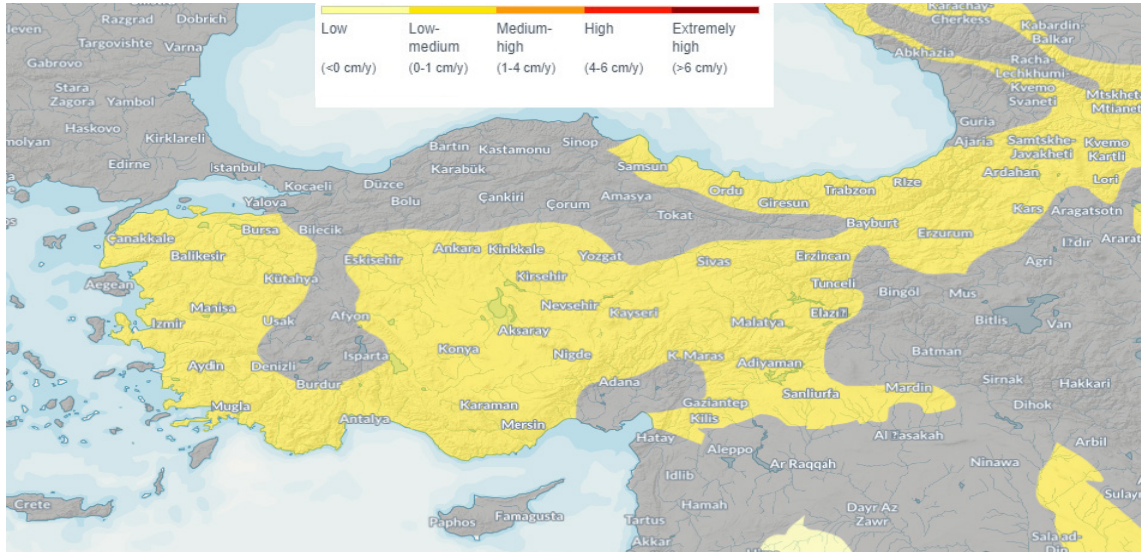
Şekil 7. Türkiye'nin 2030 yılı su stresi haritası. [<https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas> (Erişim tarihi: 21 Ağustos 2023)]



Şekil 8. Türkiye'nin 2050 yılı su stresi haritası. [<https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas> (Erişim tarihi: 21 Ağustos 2023)]

Yüzeysel su kaynaklarının yeterli olmadığı koşullarda, yeraltı sularının daha fazla kullanılması nedeniyle havza hidrolojik dengesinin bozulması, yüzeysel su kaynaklarının kısmen veya tamamen kurumasına, jeolojik formasyonlara bağlı olarak obruklar oluşmasına ve deniz kenarına yakın bölgelerde tuzlu suyun girişiyle yeraltı suyu kalitesinde bozulmalara ve sonuçta biyoçeşitlilikte geri döndürülemez şekilde kayıplara neden olabilmektedir. İç Anadolu’da suyun aşırı çekilmesinin oluşturduğu obruklar başta Konya bölgesi olmak üzere Orta Toroslar’da Antalya ve Mersin’de, Konya’ya komşu iller olan Karaman, Aksaray, Afyonkarahisar ve Eskişehir’de yaygınlaşmakta ve yine münferit olarak diğer birçok bölgemizde de görülmektedir (Konya Teknik Üniversitesi, 2023).

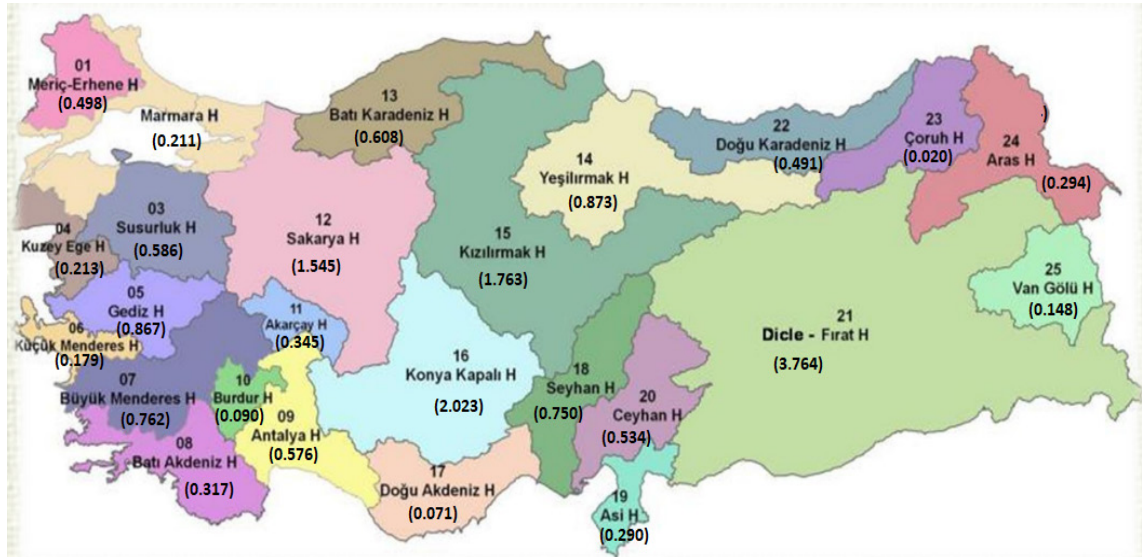
Türkiye için Dünya Kaynakları Enstitüsü tarafından hazırlanmış mevcut durum yeraltı suyu tablası düşüş haritası, Doğu ve Güney Doğu Anadolu’nun doğusu, Adana bölgesi, Batı Karadeniz, Marmara ve Trakya hariç diğer bölgelerde su tablasında düşüş trendi olduğunu göstermektedir (Şekil 9). Özellikle Konya Kapalı havzasındaki DSİ’nin sensörler vasıtasıyla kuyularda yeraltı su seviyesini izleme kayıtları ve bölgedeki çiftçilerin giderek sürekli artan derinliklerden su çekme girişimleri havzada yeraltı su seviyesindeki dramatik azalmayı ortaya koymaktadır.



Şekil 9. Türkiye yeraltı suyu tablası azalış haritası. [<https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas> (Erişim tarihi: 21 Ağustos 2023)]

Biyoçeşitlilik bakımından önemli bölgelerimizden biri olan, ancak yüzey ve yeraltı sularının kendini yenileyebilme kapasitesinin üzerinde kullanımıyla öne çıkan, bu nedenle yüzey kaynaklarının birçoğunun kuruduğu ve yeraltı suyu çekim derinliklerinin de oldukça arttığı Konya Kapalı havzası; alansal büyüklük olarak Türkiye yüzölçümünün %6,4'üne

sahip olmasına rağmen, 2,4 milyar m³ olan ortalama yıllık akış miktarı ülke toplam akışının %1,3'üne karşılık gelmektedir (DSİ, 2022a). Havzada sulanan alanın 2025 yılına kadar 969 bin ha'a çıkarılması planlanmaktadır. Havzada suyun %90'lara ulaşan oranlarda sulamada kullanıldığı belirtilmektedir (Berke vd., 2014). Yıllık kullanılabilir yüzey üstü su kaynakları potansiyelinin, 2019 yılında Mavi Tünel projesi aktarımıyla (0,414 milyar m³) 1,92 milyar m³ olduğu, 2025 yılında Ecemiş kaynakları, Ermenek çayı ve Köprüçaydan yapılacak aktarımlarla (63 + 226 + 151 milyar m³) 2,36 milyar m³ olacağı belirtilmiştir (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2018a). Hâlihazırda havzanın yıllık işletilebilir toplam yeraltı su rezervi de 2,02 milyar m³ tür (Şekil 10). Böylece, kullanılabilir durumdaki yüzeysel kaynaklarla (2,26 milyar m³/yıl) birlikte havzada 4,3 milyar m³'lük bir toplam su potansiyeli bulunmaktadır.



Şekil 10. Havzaların yeraltı suyu işletme rezerv durumu (milyar m³) (DSİ, 2022a).

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Konya Kapalı havzası sektörel su tahsis planında yer alan model çalışması sonuçlarına göre 2023 yılı tüm sektörler (içme suyu + tarım + hayvancılık + su ürünleri yetiştiriciliği + sanayi + enerji + maden + turizm + ticari su + çevre) toplamı olarak su ihtiyacı normal, hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli kurak koşullarda sırasıyla 4,63 milyar m³, 4,11 milyar m³, 3,20 milyar m³, 2,03 milyar m³ ve 1,84 milyar m³ olarak tahmin edilmiştir. Havza için hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli kuraklık senaryolarında kullanılabilir yüzey üstü sularının sırasıyla %12,3, %33,7, %61,3 ve %65,0 ve yeraltı sularının da %11,0, %30,3, %55,3 ve %59,8 azalabileceği ifade edilmiştir (SYGM, 2018a). Bu durumda, Konya Kapalı havzası her koşulda şiddetli su kıtlığına sahiptir, yani temiz su kaynaklarının kullanımı sürdürülemez durumdadır. Arz yetersizliği nedeniyle geleceğe yönelik bir iyileşme de beklenmemektedir (SYGM, 2015). 2023 yılı sulama suyu gereksiniminin 4,27

milyar m³ olarak tahmin edildiği havzada yıllık toplam 0,136 milyar arıtılmış atık suyun (SYGM, 2018a) sulamada tamamen kullanılmasının da su kıtlığını çözüm noktasında %3 civarında bir alanın sulanması katkısıyla kısmi bir fayda sağlayacağı görülmektedir.

Konya kapalı havzasında ekosistemin bozulmasının nedeni olarak öncelikli konuyu su kıtlığı oluştururken, sanayi ve özellikle tarım ve hayvancılıktan kaynaklanan su kalitesi sorunlarından da bahsedilmesi gerekmektedir (Berke vd., 2014). Havzanın kırsal kesimlerde yürütülen hayvancılık faaliyetleri yanında, havza içerisinde pestisitler ile kimyasal gübrelerin bilinçsiz kullanımı su kalitesi üzerinde baskı oluşturmaktadır (SYGM, 2022a). Kontrolsüz deşarj edilen drenaj sularının tarımsal sulamada temiz bir su kaynağıymış gibi yeniden kullanılması, tarımdan dönen suların tuz yükü yanında yoğun gübre ve ilaç kullanımına bağlı atık içerikleri dikkate alındığında, kıt olan su kaynakları giderek kirlenmektedir.

Aşağı Menderes ve Yukarı Menderes havzalarında da durum oldukça kritiktir, yeraltı suyu tüketimi gün geçtikçe artmaktadır ve geleceğe yönelik projeksiyonlar da artışı göstermektedir (SYGM, 2018b). Trakya bölgesinde sanayi tesislerinin yeraltı suyunu aşırı tüketmeleri de problem olarak pratiğe yansımaktadır. Yoğun su kullanımı yeraltı suyunun seviyesini düşürmüştür ve deniz suyu girişim riski de artmıştır. Sanayi ve yerleşim yerlerinden gelen kirlilik yanında, yoğun tarım nedeniyle Büyük Menderes ve Ergene havzaları kirlilik sorunuyla da öne çıkmaktadır.

Sahip oldukları bitki ve hayvan çeşitliliğiyle önemli doğal alanlar arasında yer alan ve birbirleriyle ekolojik olarak ilişkili olan alanları içeren Büyük Menderes deltası önemli sulak alanlardan birisidir (Tonyaloğlu vd., 2020). Uzun yıllardır kirletilen Ergene nehrinin su kalitesinin ve habitatının da eski haline döndürülmesinin çok zor olduğu, uzun ve pahalı süreçler gerektirdiği belirtilmektedir. Normalde sulak alan ekosistemlerindeki bitkiler, sudaki besinleri ve çözünmüş bazı metal türlerini tüketerek suyun kalitesini doğal yoldan iyileştirirken, suyun azalması ve kirliliğinin artması buradaki habitatı olumsuz etkileyerek suyun doğal arıtma potansiyelini sınırlandırmaktadır. Böylece, tarımda aşırı su tüketimi, su yönetimindeki yetersizlikler, yeraltı su seviyelerindeki önemli düşüşler, toprak kaybı, bozunumu ve kirliliği, sulak alanların kaybı ve iklim değişikliği süreçlerinin etkisi biyoçeşitliliği tehdit eden başlıca çevresel sorunlar olarak görülmektedir. Sulamaya talebin artarak devam etmesi nedeniyle mevcut uygulamalarla kuraklık ve çölleşme ile sulak alanların yok olmasının ve nihayetinde biyoçeşitlilik kaybının önlenmesi zor görülmektedir (Berke vd., 2014).

Konya İl Çevre Durum 2022 yılı Raporu'nda, Konya il sınırları içerisinde yer alan 18 sulak alanla ilgili olarak kaynakların yakınındaki hububat ve şekerpancarı tarlalarından gübre ve pestisitlerin dere ve yağışlarla sulak alanlara taşınarak buraları kirletmesi, habitatın tahrip edilmesi, sulamalara yönelik yoğun su çekilmesiyle su rejimlerine yapılan müdahalelerden

dolayı su seviyesindeki değişimlerin sulak alan ekosistemini olumsuz etkilemesi şeklinde sorunlara vurgu yapılmaktadır. Bu şartlarda Konya Kapalı Havzasında yer alan göl ve sulak alanlarda doğal yaşamın sürdürülebilmesi, ekosistemin canlandırılması ek ve özel önlemler almayı zorunlu kılmaktadır. Su Tahsisleri Hakkında Yönetmelik'te (Anonim, 2019) suyun, kullanım önceliklerine uygun olarak tahsis edilmesi gerektiği, bu durumda ilk üç sırayı içme-kullanma, çevresel su ihtiyacı ve tarımsal sulama ve su ürünleri yetiştiriciliğinin oluşturduğu belirtilmektedir. Ancak, pratikte sulamanın çevresel ihtiyacın önüne geçmiş olmasının ekosistemle ilgili mevcut sorununun ana nedeni olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, Uluslararası Sulak Alanların Korunması Sözleşmesi (RAMSAR) kapsamında Konya Kapalı Havzasında koruma altına alınan ve korunması gereken sulak alanlarla ilgili eylemlerin, Su Tahsisleri Hakkındaki Yönetmelik'te yer alan "su potansiyeli öncelikle havzası içerisinde kullanım önceliklerine göre değerlendirilir" ve "su kaynaklarının kalite ve miktarının korunması, geliştirilmesi, iyileştirilmesi esastır" yaklaşımlarıyla gerçekleştirilmesi önemli olacaktır.

2. TÜRKİYE'NİN HAYVANCILIK SEKTÖRÜ SU İHTİYACI

Türkiye İstatistik Kurumu'nun hayvancılık istatistiklerine göre (TÜİK, 2023a), Türkiye'nin 2022 yılı büyükbaş hayvan sayısı 17.023.791 ve küçükbaş hayvan sayısı 56.265.750 (44.687.888 koyun, 11.577.862 keçi), süt sığırları sayısı 9.882.219'dur. 2022 yılı süt üretimi 21.563.492 ton olup, %92,3' ünü inek sütü oluşturmaktadır (TÜİK, 2023b). Toplam kırmızı et üretimi 2022 yılı itibarıyla 2.191.625 ton olarak gerçekleşmiştir (sığır: 1.572.747 ton, koyun: 489.354 ton, keçi: 115.938 ton, manda: 13.586 ton) (TÜİK, 2023c). 2022 yılı tavuk eti üretimi 2.417.995 ton ve yumurta üretimi 19.808.539.000 adettir (TÜİK, 2023d). Et tavuğu sayısı 251.289.799 ve yumurta tavuğu sayısı 109.806.327'dir (TÜİK, 2023a).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının, İçme ve Kullanma Suyu Temini ve Dağıtım Sistemleri Hakkında Yönetmeliği'ndeki (Anonim, 2017a) büyükbaş hayvan için 50 L/gün, küçükbaş hayvan için 15 L/gün ve kümes hayvanları için 0,25 L/gün içme suyu tüketimiyle yıllık toplam hayvan içme suyu su ihtiyacı 0,65 milyar m³ (651.689.189 m³) olarak belirlenmiştir. Toplam su ayak izi olarak (yeşil+mavi+gri) bir kilogram sığır eti üretmek için ortalama 15.415 litre su kullanılıyorken, koyun veya keçi etinde 8763 litreye, tavuk etinde 4325 litreye, bir litre süt için 1020 litreye, bir yumurta için 200 litreye ihtiyaç duyulmaktadır (Mekonnen & Hoekstra, 2012; Heinrich Böll Stiftung, 2021; Water Footprint Network, 2023). Su kaynaklarımızı doğrudan ilgilendiren mavi su ayak izi olarak sığır eti için 550 m³/ton, koyun-keçi eti için 457 m³/ton, tavuk eti için 313 m³/ton, süt için 86 m³/ton ve yumurta için 0,015 m³/adet değerlerine göre 2022 yılı et-süt-yumurta üretiminde harcanan temiz su miktarı (mavi su ayak izi) 4,1 milyar m³ (1.905.934.029 m³ + 1.854.460.312 m³ + 297.128.085 m³ = 4.057.522.426 m³) olarak belirlenmiştir.

İklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışları hayvanların su tüketimlerini artırmakta, yeterli suya ulaşamayan hayvanlarda strese neden olmakta verimlerini ve doğurganlıklarını düşürmektedir. Bu nedenle biyoçeşitliliğin ana unsurlarından birini oluşturan hayvancılık sektörünün su ihtiyacının da su kaynaklarının yönetim projeksiyonlarında dikkate alınması uygun olacaktır.

3. SULAMADA ALTERNATİF SU KAYNAĞI OLARAK TÜRKİYE'NİN ATIKSU POTANSİYELİ

Marjinal sulardan olan atıksular arıtıldıktan sonra sulamada kullanılarak özellikle tatlı su kaynaklarının kıt olduğu kurak ve yarıkurak bölgelerde alternatif bir seçenek oluşturmaktadır. Arıtılmış atıksuların sulamada kullanımı belediyeler içinde ekonomik ve yönetiminin kolay olması nedeniyle iyi bir deşarj seçeneği olmaktadır. Türkiye arıtılmış atıksu potansiyeli yüksek bir ülkedir. 2020 yılı verilerine göre ülkedeki toplam belediye sayısı 1389, atıksu arıtma tesisi bulunan belediye sayısı ise 1068'dir. Fiziksel, biyolojik, ileri ve doğal arıtma tesislerinin sayısı sırasıyla 60, 593, 223 ve 192'dir. Tüm tesislerin yıllık kapasitesi 6,4 milyar m³, tesislerde geri dönüştürülen yıllık atıksu hacmi ise 4,4 milyar m³tür (TUİK, 2021). Kamu olarak DSİ tarafından da atıksu arıtımına yönelik faaliyetler yürütülmekte ve yapılan tesislerin işletimi belediyelere devredilerek sağlanmaktadır. DSİ tarafından tamamlanan 24 adet atıksu arıtma tesisinde de 322.659 m³/gün atıksu arıtılmıştır (DSİ, 2023). Arıtılmış atıksuyun kaliteli su olduğunun garanti edilememesi, dolayısıyla doğal olmadığından güvenilir olmaması, arıtılmış olsa dahi kimyasal ve ağır metal içeriğinden dolayı gelecekte bunların bilinmeyen etkileri, atıksuyun kullanımını sınırlandırabilecek riskler olarak görülmektedir. Ancak, seçme alternatifi olmadığına da bu algılamaların değişebileceği, kullanılmış suların yeniden kullanımının sorgulamasının sınırlandırabileceği, dolayısıyla su kıtlığının yaşandığı yerlerde insanların kullanılmış suların yeniden kullanımını daha kolay kabul edebileceği belirtilmektedir (SYGM, 2019). Bu nedenle atıksuların su kaynaklarının kıt olduğu bölgelerde sulamalarda daha yaygın kullanıldığı görülmektedir. Atıksular önemli miktarda besin içeriği nedeniyle gübreleme maliyetlerinden de tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca hidrolojik dengesi bozulduğu için tahrip olmuş sulak alanların atıksularla beslenmesinin biyoçeşitliliğin korunmasına da önemli katkıları olacağı belirtilmektedir. Ancak, Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik'le arıtılmış olsa dahi atıksuların yeraltı sularına doğrudan veya dolaylı olarak deşarjı yasaklanmıştır (Anonim, 2012). Dolayısıyla, tatlı su kaynaklarını koruma amacıyla arıtılmış atıksuların bir su kaynağı olarak sulamada değerlendirilmesi uygun bir seçenek olarak öne çıkmasına rağmen, ilgili yönetmelik gereği atıksularla sulamada bu suların yeraltı suyuna sızarak kalıcı bir kirlenmeye yol açma tehlikesini en aza indirecek şekilde uygulama yapılmasına da vurgu yapılmaktadır (Anonim, 2012). Nitrat direktifi yer üstü ve yeraltı sularında nitrat içeriğinin yıl boyunca izlenmesini ve uygulamanın dört yılda

bir yenilenmesini önermektedir. Özellikle göl gibi durgun su ekosisteminde atıksulardan gelen besinlerden kaynaklanan ötrofikasyonun en büyük etkeni de fosfattır ve fosfat kirliliği olarak da tanımlanmaktadır (SYGM, 2021).

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 2022 yılında arıtılmış atıksuların peyzaj ve tarımsal sulama, endüstriyel kullanım, yeraltı suyu besleme, rekreasyonel kullanımlar, evsel ve endüstriyel uygulamalar gibi birçok alanda yeniden kullanım oranının %4,2'ye ulaştığı, 2023 yılında %5'e, 2030 yılında ise %15'e çıkarılmasının amaçlandığı belirtilmektedir. Mevcut durum verileriyle değerlendirme yaptığımızda bu %15'lik miktarla ancak 100.000 ha civarında bir alanın arıtılmış atıksuyla sulanması söz konusu olacaktır.

4. TÜRKİYE' DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SU KAYNAKLARINA ETKİSİ

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC, 2022) raporunda 2021-2040 döneminde küresel ölçekte normalde 1,5 °C'lik sıcaklık artışı beklendiği, tehlikeli iklim olaylarında kaçınılmaz artışlar olacağı ve bunun da birçok karasal, tatlı su, kıyı ve deniz ekosisteminde yüksek veya çok yüksek biyoçeşitlilik kaybıyla ekosistemleri olumsuz etkileyeceği belirtilmektedir. Fiziksel su mevcudiyeti, suya erişim ve su kalitesiyle ilgili risklerin orta ile uzun vadede artmaya devam edeceği ve daha yüksek sıcaklık artış seviyelerinde daha büyük risklerle karşılaşılacağı ifade edilmektedir. Erken kar erimesine bağlı olarak bazı nehir havzalarında sulamaya katkı sağlayan eriyen kar suyunun mevcudiyetinin %20'ye kadar düşebileceği, doğrudan sel hasarlarında öngörülen artışlarında, 1,5°C sıcaklık artışına kıyasla 2°C'de 1,4–2 kat ve 3°C'de 2,5-3,9 kat daha fazla olacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2022). İyimser bir senaryo olarak küresel sıcaklık artışı 1,3–2,4°C ile sınırlansa bile, 2050 yılına kadar 1 milyar insanın aşırı derecede yüksek su stresi yaşaması beklenmektedir (WRI, 2023).

IPCC dördüncü değerlendirme raporunda iklim değişikliğinin yarattığı krizden en fazla etkilenen Akdeniz havzasında Türkiye'nin de yer aldığı bölgede 21. yüzyılın orta ve son dönemleri için oluşturulan iklim değişikliği senaryolarına göre, etkili sıcak hava dalgalarının daha sık görüleceği, Akdeniz'e doğru yağış miktarlarında azalış beklenirken, Karadeniz'e doğru artış olacağı, ancak şiddetli yağışların daha sık görüleceği, kuraklık sorunlarının artacağı belirtilmektedir (Usta, 2016).

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Nihai Raporuna (SYGM, 2016) göre, 2015–2100 periyodundaki sıcaklık artışları dikkate alındığında Van Gölü Havzası, Fırat-Dicle Havzası, Aras, Ceyhan ve Seyhan havzaları en yüksek sıcaklık artışlarının olacağı havzalar olarak görülmektedir. Suyun doğal rezervuarı olan karın sık görüldüğü bu havzalarda hem kar miktarında azalma ve hem de artan sıcaklıkların karın erken erimesine neden olarak kış akışlarını artırırken ilkbahar ve yaz akışlarını azaltması

beklenmektedir. IPCC'nin Küresel İklim Modellemesi yaklaşımlarına göre Türkiye'de yaz döneminde toprak nem içeriğinde %15'e kadar azalışlar beklenmektedir. Kuraklığa bağlı olarak topraktaki nemin azalması bir yandan verimi doğrudan etkilerken diğer yandan topraktan buharlaşmanın azalmasıyla artacak toprak sıcaklıklarının toprak biyolojik aktivitesini değiştirmesiyle de biyoçeşitliliği etkileyecektir.

İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi kapsamında Türkiye iklim seneryolarına göre (SYGM, 2016), 2015-2100 döneminde mevsimsel ve yıllık ölçeklerde önemli bir ısınma süreci yaşanacağı, en yüksek sıcaklık artışlarının Güney Doğu'da ve Akdeniz boyunca olacağı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kar yağışlarının giderek azalacağı, tahmin edilen en düşük yağış değerlerinin Konya Kapalı Havzasında olacağı bunu Akarçay, Burdur, Kızılırmak ve Sakarya Havzaları'nın izleyeceği, sadece kış mevsiminde yağışlarda artış beklenirken, diğer mevsimlerde yağışta düşüşler olacağı, Türkiye'nin batısında ve güneyindeki yağışta görülecek azalmaların yüzyılın sonuna doğru şiddetleneyeceği, Karadeniz kıyı şeridinde Türkiye'nin doğusuna doğru özellikle kış ve ilkbahar yağışlarında daha fazla olarak 100 mm hatta 150 mm'lere ulaşan yağış artışları olabileceği, önemli yüzey akış kaynaklarını barındıran Fırat-Dicle havzasında yıllık toplam yağışların %3-8 arasında azalacağı, Doğu Anadolu ve Doğu Toroslar'da kar örtüsündeki azalmanın ve erken erimenin etkisiyle Fırat-Dicle Havzası'nın hidrolojik döngüsünün değişeceği, Fırat ve Dicle nehirlerinden mansap ülkelerine bırakılması deklare edilen su miktarlarının yeniden değerlendirmesini gerektirecek 2-12 milyar m³/yıl gibi rakamlara ulaşan kayıplar oluşabileceği görülmektedir. Sınır aşan akarsuları (Fırat, Dicle, Aras, Çoruh, Meriç, Asi) içeren havzalardaki yıllık 71,3 milyar m³'lük su potansiyeli Türkiye havzalarının yıllık ortalama su potansiyeli olan 185,4 milyar m³'ün %38,5'ine karşılık gelmektedir (DSİ, 2022a). Burada 56,3 milyar m³ lük yıllık akış hacmiyle Fırat-Dicle havzasının durumu daha özeldir. Fırat ve Dicle nehirleriyle ilgili uluslararası su hukukunun genel ilkeleri ve yürürlükteki sözleşmeler dikkate alındığında, ülkemizde gelecekte daha fazla su sıkıntısı çekileceği gerçeği bu nehirlerle ilgili hidropolitik süreçlerin takibinin ve yönetilmesinin aciliyetini ve önemini ortaya koymaktadır (Kırkıcı, 2014; Yıldız, 2023). Ayrıca, yağış eksiklikleri yanında artacak buharlaşmanın da su kaynaklarında ve tarım sektöründe stresi yükselteceği, en fazla açığın Doğu Akdeniz ve Konya Kapalı havzalarında olacağı belirtilmektedir (SYGM, 2016).

Dolayısıyla, Türkiye'nin yer aldığı Akdeniz kuşağında küresel ısınmanın sıcaklığı ve buharlaşmayı artırıcı ve yağışı azaltıcı etkisiyle, kuraklık boyut ve süreçlerinin artmasına bağlı olarak arazi kullanım şekillerinde, tarım yöntemlerinde ve su kaynaklarının kullanımında ve su kalitelerinde değişimler yanında, yağış rejimlerindeki değişimlerin etkisiyle sel ve taşkın olayları, toprak kalitelerinde kayıplar, üretkenliklerinde düşüşler beklenen olası riskleri oluşturmaktadır.

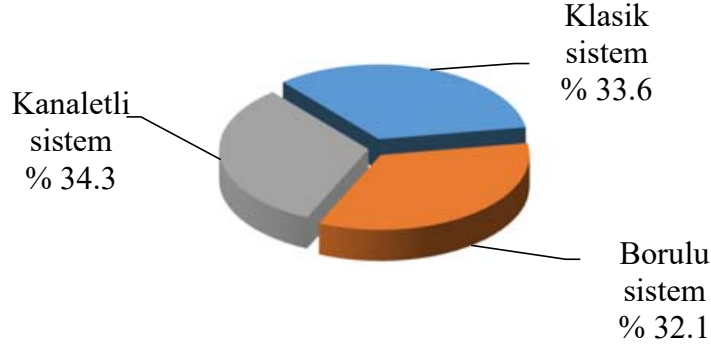
5. TÜRKİYE'DE SULAMA SUYUNUN TEMİNİ VE SULAMA PRATİK, TEKNİK VE TEKNOLOJİLERİ

Kurak ve yarıkurak bölgelerde tarımsal sulamanın sürdürülebilirliği su depolama yapılarının varlığıyla doğrudan ilgilidir. Ülkemizde başta DSİ olmak üzere birçok kurum/kuruluş tarafından öncelikli olarak enerji ve sulama suyu temini amaçla çok sayıda rezervuar inşa edilmiş ve edilmektedir. Ancak, özellikle su talebinin arzı aştığı havzalarda veya buralara su naklinin mümkün olabileceği komşu havzalarda yeni depolama ve regülasyon yapılarına olan ihtiyaç halen devam etmektedir. İklim değişikliğinin yarattığı krizden en fazla etkilenecek bölgelerden biri olan Türkiye’de, IPCC raporlarında ve yapılan diğer çalışmalarda değişen yağış rejimlerinden dolayı yoğun yağışlar sonrası oluşan sellerin sayısının, sıklığının ve hacminin artacağı belirtilmektedir. Ülkemiz bir taraftan kuraklığı yaşarken, su yetersizliklerini konuşurken diğer taraftan da sel felaketlerini yaşamaktadır. Bazı bölgelerimizde aynı yıl içerisinde hem kuraklık hem de sel olayları görülmektedir. Tarımsal üretimi ve ekosistemi negatif yönde etkileyen kuraklık ve sel özelliğindeki akışlarda artışlar, sel sularını da kullanılabilir bir su kaynağı olarak daha fazla depolayarak değerlendirmemiz gerektiğini ortaya koymaktadır. Doğal yaşam ortamı olarak sulak alanlar taşkınların neden olduğu etkilerin azaltılması, yarıltı suyu beslemesi ve su kalitesinin iyileştirilmesi gibi çok sayıda önemli fonksiyonlara sahiptir (SYGM, 2019). Dolayısıyla daha geniş sulak alan ve doğal drenaj alanlarında taşkınların kontrol edilmesi yoluyla, sel sularından yeraltı suyu depolaması artırılarak su rejiminin düzenlenmesine katkılar sağlanabilir.

Yağmurun düştüğü yerde veya taşınarak yeniden kullanımı amacıyla kısa ve uzun süreli depolanmasını sağlamak, yeraltı sularını beslemek ve aynı zamanda tarımda toprak ve su korumaya da hizmet etmek amacıyla çeşitli su hasadı teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler küçük ölçekli özellikle çok bilinen bir çatı su hasadından mikro ve makro havza ölçeğine ve taşkın hasadına kadar geniş yelpazede farklı birçok uygulamayı kapsamaktadır (SYGM, 2022b). Ölçek büyüdükçe, özellikle de taşkın suyu hasadında, büyük rezervuarlara da ihtiyaç duyulmaktadır. Yüzey su kaynaklarının bankası olan yeraltı su kaynaklarının yağmurla gelen suyla veya yüzey akış sularıyla beslenmesinin artırılması veya menba kısmında yeraltı su seviyesindeki düşüşlerin azaltılması, kıyı bölgelerde yeraltından denize tatlı suyun boşa akıp gitmesinin önlenmesi, tutulan suyun kirlenme riskinin ve buharlaşmayla kaybının azaltılması amacıyla kurak ve yarıkurak bölgelerde çoğunlukla yerel ihtiyaçları karşılayabilecek kapasitelerde yeraltı barajlarında su depolanması da her geçen gün artmaktadır (Apaydın, 2014). Yüzey üstü depolamalarına göre kamulaştırma da dâhil daha düşük maliyetlerle inşa edilebilen yeraltı barajları ülke geneline yayılmış bir uygulamaya dönüşmüştür. DSİ tarafından yürütülen Yarıltı Barajları Eylem Planı’na göre 2023 yılına vurgu yapılarak 50 milyon m³ su depolayacak 150 yeraltı suyu besleme tesisi yapılacağı, bunun 88’inin tamamlandığı hatta bu sayının devamında 246’ya kadar çıkarılabileceği belirtilmektedir (DSİ, 2022b).

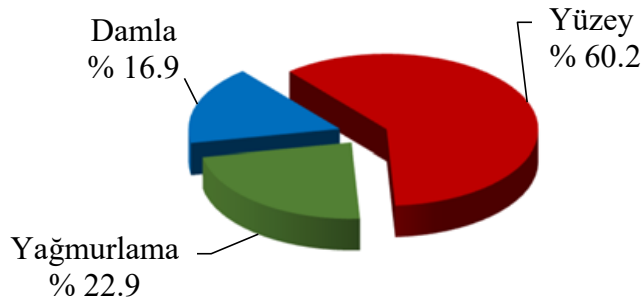
Suyun depolanması kadar kaynaktan kullanılacağı alana kayıpsız veya en az kayıpla iletilip dağıtılması da önemlidir. 2018-2021 döneminde DSİ tarafından işletilen şebekelerde suyun iletim ve dağıtımını sağlayan açık kanal, kanalet ve borulu sitemlerde, iletim kaybının en az

olduğu borulu sistemler lehine artışlar görülmüş, 2021 yılında borulu sistemde 2018'e göre artış %34 olmuş ve 2021 yılında üç şebekenin oranı birbirine yaklaşmıştır (Şekil 11) (DSİ, 2022a).



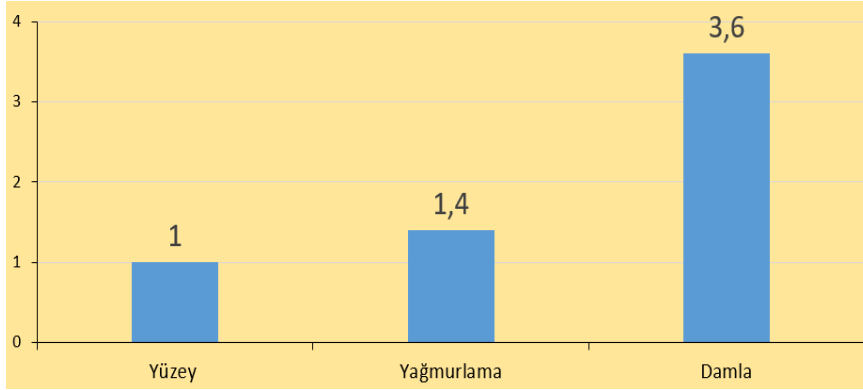
Şekil 11. DSİ tarafından geliştirilen sulama şebekelerinde su iletim-dağıtım sistemlerinin oransal dağılımı (DSİ, 2022a).

2018-2021 döneminde DSİ şebekelerinin hizmet ettiği alanlarda kullanılan sulama yöntemlerinde basınçlı sulama yöntemleri (damla ve yağmurlama) lehine artışlar olmuş, 2021 yılında basınçlı yöntemlerle sulanan alanların oranı %39,8 ve yüzey sulama yöntemlerinin kullanım oranı %60,2 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 12). Tüm kurum, kuruluş ve bireysel işletmelerin sulama pratikleri üzerinden değerlendirme yapıldığında da 2000'li yılların başında 20 tarladan birinin basınçlı sulama yöntemleriyle sulandığı durumdan günümüzde yaklaşık 3 tarladan birinin basınçlı yöntemlerle sulandığı duruma ulaşılmıştır.



Şekil 12. DSİ tarafından geliştirilen sulama şebekelerinin hizmet alanlarında kullanılan sulama yöntemleri (DSİ, 2022a).

Temiz su kaynaklarıyla sulamada damla sulama hem su uygulama randımanının yüksek (%85–95) olması ve hem de sık yetiştirilmeyen tarla bitkileri ve sebzelerle, meyve bahçeleri ve bağlarda alanın tamamen ıslatılmaması nedeniyle birim suya karşılık en fazla alanın sulanmasına olanak sağlamaktadır. Damla sulamada yüzey sulamaya göre aynı miktar suyla sulanan alan miktarı 3-4 katına kadar artırılabilir (Şekil 13).



Şekil 13. Sulama yöntemlerinde aynı miktar suya karşılık sulanan alan oranları.

Sulamaya yeni açılan alanlarla birlikte hem borulu sistemlerin ve hem de basınçlı sulama yöntemlerinin oranının arttığı belirlenmiştir. Borulu sistemlerde şebekeden sağlanan basıncın damla ve yağmurlamada pompa enerji maliyetlerini azaltması veya tamamen ortadan kaldırması yanında çiftçilerin kullandıkları suyun ölçümüne de imkân vermesinin basınçlı sulama yöntemlerine geçişi desteklediği söylenebilir.

2021 yılı net sulama alanına göre DSİ sulama tesislerinin yaklaşık %80'inde devredilen kuruluşlarca yaklaşık %13'ünde ise sulama kooperatiflerince işletim yapılmaktadır. 2015-2021 dönemi DSİ tarafından işletilen ve devredilen sulama tesislerinin sulama randımanlarına göre 2015 yılında yaklaşık %43 olan değer, 2021 yılında %55'in üzerine çıkmıştır (DSİ, 2022a). Sulama Sistemlerinde Su Kullanımının Kontrolü ve Su Kayıplarının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik'te de %50 olan sulama randımanının 2024 yılında %55 seviyesine yükseltilmesi hedeflenmektedir (Anonim, 2017b). Sulama suyu uygulama ve kontrol sistemlerinin modernizasyonu, sulama yönetiminde akıllı teknoloji kullanımının yaygınlaştırılması, bölgede kullanılabilir su varlığına göre ürün deseninin oluşturulması, kurak bölgelerde daha az su tüketen bitkilerin ve çeşitlerin yetiştirilmesi amacıyla ürün desteklemelerinin bununla uyumlu hale getirilerek teşvik edilmesi, yağmur suyu hasadına yönelimi sağlayacak uygulamaların artırılması, toprak nemini korumaya yönelik uygulamalara (örneğin malçlama, doğrudan ekim) yer verilmesi ve sulamadan dönen suların tarımsal sulamada yeniden kullanımının yollarının geliştirilmesi gibi uygulamalarla sulama

randımanın %75'e ulaşacağı görüşü dikkate alındığında (Su Verimliliği Seferberliği, 2023), her bir hektardan kazanılacak su ile (0,75/0,55) 0,36 ha ilave alanın sulanması sağlanmış olacaktır.

Sulama projeleri yapılan alanlarda suyun kullanım etkinliğini düşüren bir diğer faktörde sulama oranlarının düşük olmasıdır. Havza bazında sulama oranları 2019-2021 döneminde %57 olarak gerçekleşmiştir. Tam sulama oranıyla Seyhan havzası ilk sırada yer alırken, Ceyhan, Asi, Büyük Menderes, Fırat-Dicle, Konya Kapalı ve Doğu Akdeniz havzaları %70' i aşan sulama oranlarıyla bunu izlemişlerdir (DSİ, 2022a).

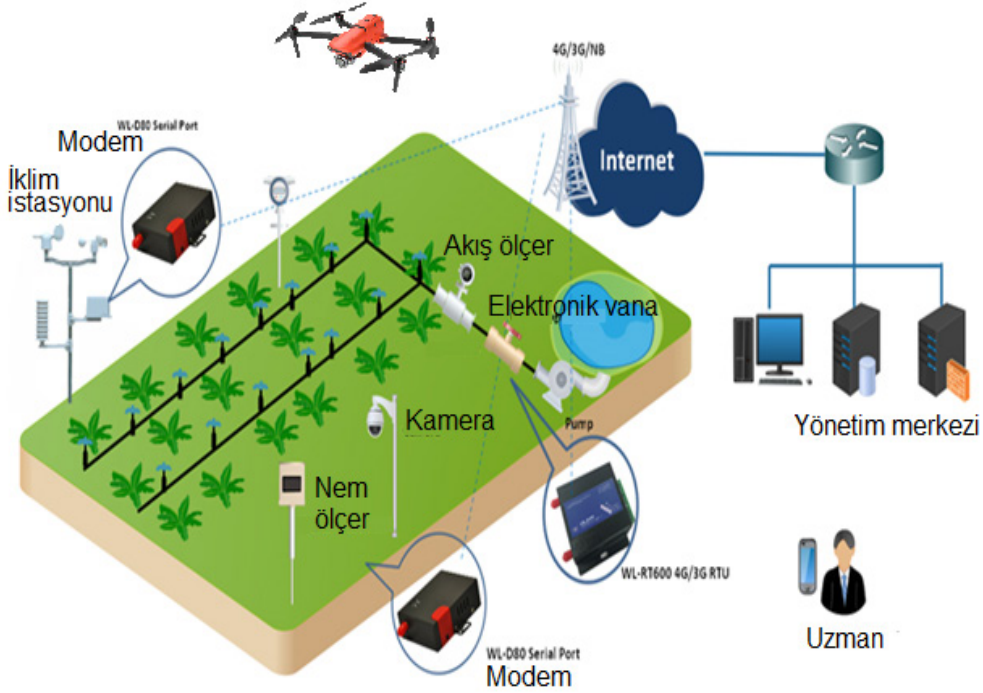
Tarımsal sulama uygulamalarının etkinliğini artırmada arazi toplulaştırmanın da önemi fazladır. Özellikle 2002 yılından sonra hızlanmış toplulaştırma çalışmalarıyla ülkemizde tarım havzalarında toplam 6,02 milyon ha alanda toplulaştırma tescil işlemleri gerçekleştirilmiştir (DSİ, 2022a).

Teknolojik devrimlerin etkisinin görüldüğü ve gelecekte daha fazla görüleceği alanlardan biri de tarımdır. Geleceğin tarımında toprak, bitki ve iklim verilerini izleme, havadan veya uydudan görüntüleme ve haritalama, büyük veri analizi, yapay zeka algoritmalarıyla yönetim ve robotlar gibi gelişmiş teknolojiler yaygın bir şekilde kullanılacaktır. Teknolojik olarak geliştirilmiş bilgi ve kontrol sistemlerinin kullanılmasıyla girdi kullanımının azaltılarak üretimin artırılması yanında üretimden kaynaklanan çevresel zararında en aza indirilmesi amaçlanmaktadır.

20. yüzyılın ortalarında gerçekleştirilen yeşil devrimle, yüksek verimli türlerin ekilmesi, kimyasal gübre ve pestisitlerin kullanılması ve makineleşmeyle gıda üretiminde büyük artışlar görülmesine rağmen aşırı kimyasal kullanımının çevreye verdiği zararlar da fazla olmuştur. Dolayısıyla, teknolojinin temel olumsuz etkisi, çevrenin ve atmosferin bozulması olmuştur. Ancak, Tarım 4.0 net olarak göstermiştir ki, hassas tarım yaklaşımları kapsamında artık değişken oranlı uygulamalarla tarlanın her tarafına eşit şekilde su, gübre ve pestisit uygulanmasına gerek yoktur. Böylece, daha az atık üreten süreçlerle "Ekolojik sürdürülebilirlik" açısından da daha güvenli üretim koşulları sağlanabilmektedir.

Su kaynaklarının tarımda kullanım etkinliğinin artırılmasında toprak ve bitkiyi izlemeye dayalı yöntemlerle, iklim verileriyle su tüketimi tahmin modelleriyle ve havadan (uydu, uçak, İHA, drone, yer tabanlı platformlar) spectral ölçümler ve haritalandırmalar yapılarak bitki su içeriğinin, stres düzeyinin tahmini ve böylece sulama zamanının tespiti yapılabilmektedir. Verilecek sulama miktarı da bitki ihtiyacı veya topraktaki eksiklik üzerinden otomatik hesaplanarak, verileri bir ağ geçidi ile bir bulut sistemine veya farklı bir uç cihaza aktararak paylaşan, kendi karar veren sistemlerle uygulamayı gerçekleştiren IoT sistemlerle insan müdahalesi olmadan veya mobil bilişim teknolojisiyle uzaktan kontrollü

kişisel bir yönetimle, sulamaları tam kontrollü hale getirebilmektedir (Şekil 14). 5G'nin sağladığı yüksek hızlı veri iletimi sayesinde de gerçek zamanlı uygulamaların etkinliğinin daha da artması söz konusu olacaktır.



Şekil 14. Tam kontrollü sulama yönetimi teknolojisi.

Türkiye’de Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde tarımsal üretimin tüm bileşenlerine yönelik olarak oluşturulmuş Tarım Bilgi Sistemleri veritabanları ile veri analizleri ve raporlamalar yapılabilmektedir. Değişken oranlı gübreleme, otonom traktörler, çiftlik yönetim sistemi, hava araçlarıyla görüntüleme ve tahminleme ve hayvancılık alanlarında, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) işbirlikli projeler yürütülmüştür (Akıllı Tarım Platformu, 2019). TAGEM bünyesinde yer alan ve sulama programlanmasına imkan sağlayan çiftçilerin ve sulama organizasyonlarının ulaşım kullanabileceği Sulama Yönetimi ve Bitki Su Tüketimi (SUET) programının uygulaması ülkemizde giderek yaygınlaşmaktadır. Üniversitelerde akıllı tarım teknolojilerinin pratiğinin geliştirilmesine yönelik çok sayıda AR-GE çalışmaları planlanmakta ve yürütülmektedir. Üniversite, kamu ve özel sektör işbirlikleri ile tarımda teknoloji uygulama ve geliştirme çalışmaları da artmaktadır. Mobil iletişim sağlayan firmaların tarımda akıllı teknolojilerin kullanımına yönelik alt yapı oluşturma faaliyetleri de aktif bir şekilde devam etmektedir.

6. BİYOÇEŞİTLİLİĞİN KORUNMASINDA TARIMSAL SU YÖNETİMİNİ GELİŞTİRME YOLLARI

Kalkınma Bakanlığı, On Birinci Kalkınma Planında (2019-2023) belirtildiği gibi sürdürülebilir bir tarım sektörü ancak çevresel, sosyal ve ekonomik hedeflerin birlikte gerçekleştirilmesiyle oluşturulabilir (Kalkınma Planı, 2018). Dolayısıyla, su ve toprak kaynaklarını daha az kirleten ve koruyan, etkili kullanan, arz-talep dengesini kurmuş, alt yapı sorunlarını çözmüş ve ileri teknolojiyi de içeren bütünleşmiş bir su yönetim planının uygulanması tarımsal sulamanın sürdürülebilirliğine ve biyoçeşitliliğin korunmasına birlikte hizmet etmiş olacaktır.

İklim değişikliğinin etkisiyle Türkiye’de gelecekte daha sıcak ve kurak koşullar yaşanacağından, suyun yetersizliği konusu çok daha önemli hale gelmiştir. Ancak, suyun kalitesinin korunamaması, miktarına göre tarım yapılmaması ve israf edilmesi diğer önemli kısıtları oluşturmaktadır. Azalan yıllık yağış miktarları, azalan kar yağışları ve erken kar erimeleri ve yağış rejimleri değişiminin sonucu olarak sel rejiminde akışların gelecekte daha da artacağı artık beklenen bir gerçektir. Bu durum, kıt su kaynaklarının geliştirilmesi açısından, yüzey ve yeraltı depolamasının ve yağmur suyu hasadı uygulamalarının artırılmasını gerekli kılmıştır. Barajlar ve regülatörler inşa etmek, nehir aşağı akışlarını azaltıp nehir sisteminin hidrolojisini değiştirerek havzalardaki tüm yaşamı etkilese de tersine, yeraltı suyunun beslenmesiyle doğal yaşamın sürdürülebilirliğine önemli faydalar da sağlayabilir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyoçeşitliliğin korunmasına ve geliştirilmesine katkı sağlamak amacıyla tarımda suyun etkili kullanımı ve yönetimine yönelik konular aşağıda sıralanmıştır.

- Elektrik enerjisi üretmede su dışındaki seçeneklerin oranının artmasıyla, depolama yapılarındaki suyun tarımsal sulama döneminde daha kontrollü bir şekilde boşaltımına olanak sağlanarak, depolanan suyun tarımda kullanılan miktarı artırılabilirdiği gibi, nehir yatağındaki doğal yaşamın sürdürülebilirliğine de katkı sağlanmış olur.
- Sanayi tesislerinin atıklarının su kaynaklarını kirletmesini engellemeye yönelik yönetmelik ve yaptırımlar bulunmaktadır, ancak devam eden kirlilik süreçlerinin denetimine yönelik daha fazla çaba harcanması gerekmektedir.
- Tarım ve Orman Bakanlığı’nın sorumluluğundaki tarımdan dönen sularda kimyasal gübrelerin aşırı kullanımından ve bitki korumada yaygın olarak kullanılan pestisitlerden kalıntılarla birlikte, hayvancılığa ait gübre atıklarından kaynaklanan su kirliliğini önlemeye yönelik denetim ve tedbirlerin çiftçi düzeyinde karşılığının görüleceği şekilde uygulamaların geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

- Ülkemizde su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını içeren “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” kalite izleme ve değerlendirmede genel olarak yeterli görülebilir. Ancak, su kaynaklarının korunması ve iyileştirmesine yönelik bölgelere özel uygulama ve tedbirler konusunda geliştirilmesi beklenen faydayı artıracaktır. Avrupa Birliği çevre ve iklim değişikliği faslında yer alan su kalitesine ilişkin mevzuata uyum sağlama çalışmaları da burada önemli olacaktır.
- İyi durumda olan yeraltı sularının mevcut durumunun korunması, kirliliğin önlenmesi ve kötü durumda olan yeraltı sularının da iyileştirilmesi kapsamında “Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik” gereği karasal ve su ekosistemlerinin kalitesine zarar verme riski olan faaliyetlerin önlenmesine yönelik teknik çalışmaların sayısının artırılmasına ihtiyaç vardır.
- Biyoçeşitliliğin korunmasında önemli olan sulak alanların geliştirilmesine yönelik faaliyetlerin sayılarının artırılması, su kalitesini iyileştirerek su arıtma maliyetlerinden de tasarruf sağlaması açısından yararlı olacaktır.
- Hem tatlı su kaynaklarından hem de gübreleme maliyetlerinden tasarruf açısından Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında uyumlu olarak kullanılmış suların uygun kaliteye getirilerek başta tarımsal sulama olmak üzere yeniden kullanım oranı artırılmalıdır.
- Arıtılmış atıksuların her ne kadar da arıtılmış olsa dahi kimyasal ve biyolojik içerikleri nedeniyle deşarj edildikleri özellikle durgun su kaynaklarının kalitesini olumsuz yönde etkilemesi söz konusudur. Dolayısıyla bu suların büyük oranlarda tarımsal sulamada kullanımı bu riski de azaltmış olacaktır.
- Atıksularla sulama koşullarında aynı tarlanın her yıl sürekli atıksuyla sulanmaması, atıksu ve temiz suyun sezon içinde dönüşümlü uygulanması veya atık ve temiz suyun karıştırılarak uygulanması atıksudan kaynaklı toprak ve bitkideki kirlilik riskini azaltacaktır.
- Atıksuyla sulamada özellikle yeraltı su kaynaklarındaki kirliliği önleme amaçlı olarak suyun en yüksek randımanla uygulandığı damla sulama yöntemin seçilmesi düşünülmelidir. Ancak, burada sistem performansını etkileyecek damlatıcı tıkanma riskinin de yönetilmesinin gerektiği dikkate alınmalıdır. Su kalitelerinin iyileştirilmesi damla sulamanın performansını da artıracaktır.
- Yine marjinal sulardan olan tuzlu suların sulamada kullanılmasının gerektiği koşullarda da damla sulama yöntemi topraktaki nemin sürekli yüksek tutulabilmesiyle diğer yöntemlere göre daha iyi bitki gelişimi sağlayabilmektedir.

- Sulanan alanlarda %55 civarında olan su uygulama randımanı, damla ve yağmurlama sulama gibi sulama yöntemleri yüzey sulama aleyhine geliştikçe artacağından, mevcut suyla daha fazla alanın sulanması mümkün olacaktır. Özellikle damla sulamada yüzey sulamaya göre aynı miktar suyla 3-4 katı daha fazla bir alan sulanabilmektedir.
- Çok yıllık bitkilerle, meyve ağaçları ve bağların sulanmasında yüzeyaltı damla sulamanın yaygınlaştırılması suyun ve gübrenin çok daha etkili kullanılması açısından daha uygun olacaktır.
- Eğimli arazilerde, geçirgen ve derinliği az olan topraklarda ve kök derinliği az olan bitkilerde de basınçlı sulama yöntemleri daha randımanlı sulamayı olanaklı kılmaktadır.
- Basınçlı sulama yöntemlerinin yaygınlaşması ekosistemi tehdit eden plastik atık sorununu da getirmektedir. Bu nedenle, basınçlı sulama yöntemlerinde ana ve manifold boru hatlarının, boruların kullanım ömrünü uzatacağından yüzey altına gömülü planlaması düşünülmelidir. Yüzeyaltı damla sulamada sistemdeki boruların tamamının yüzey altında olması avantaj sağlamış olacaktır.
- Yeni sulamaya açılacak alanlarda borulu sulama şebekesi yatırımlarıyla birlikte eski şebekelerinde borulu sistemlere dönüştürülmesi çalışmalarının artırılması, kapalı şebekelerin hem suyun ölçülerek daha etkili dağıtılmasını olanaklı kılması ve hem de işletme enerji giderlerini azaltması nedeniyle basınçlı sulama yöntemlerine geçişi desteklemesi açısından yararlı olacaktır.
- Borulu su dağıtım sistemleriyle bütünleşik damla ve yağmurlama sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması, sulamada otomasyonu da kolaylaştıracaktır.
- Basınçlı sulama yöntemlerinin tercihinde kısıt oluşturan enerji maliyetlerini azaltmada güneş panelli sistemlerin yaygınlaştırılması da yararlı olacaktır. Güneş enerjili damla sulama sistemleri sürdürülebilir bir sulama çözümü olarak Birleşmiş Milletler tarafından da önerilen ve desteklenen bir konudur.
- Yüzey sulama yöntemlerinin kullanıldığı alanlarda sulamanın etkinliğini artırmak için suyun kontrollü uygulanmasına olanak tanıyan ekipmanların (karık sulama boruları ve sifon gibi) kullanımının yaygınlaştırılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.
- Yüzey sulamada randımanı artırmak için yüzey sulama modelleriyle her yöreye en uygun parsel boyutları ve akış debilerinin belirlenmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

- Yüzey sulama yapılan alanlarda su kayıplarını azaltmak için suyun parselde ilerleme sürecinin kısaltılmasına olanak tanıyan fasıllı sulama tekniğinin kullanılması, tarlada yüzey akışlarla su kaybını azaltmada da azaltılmış debilerle sulama tekniğinin uygulanması yaygınlaştırılmalıdır.
- Kısıtlı sulama yaklaşımıyla özellikle suya tepkisi fazla olmayan bitkilerden su tasarrufu yapılarak ek alan açılıp toplam üretimin bu yolla artırılması da seçenek olarak değerlendirilmelidir.
- Kısmi kök kuruluğu veya yarı ıslatmalı sulama ve kontrollü kısıtlı sulama teknikleri kullanılarak birim suya karşılık verimin artırılması sağlanabilir.
- Su talebinin karşılanamadığı havzalarda, iklim bilimcilerin tahminleri de dikkate alınarak, çiftçilerin suyu çok daha verimli kullanacakları ekinlere yönelmelerini, suya göre tarım yapmalarını olanaklı kılacak planlamalar yapılması yararlı olacaktır.
- Biyoçeşitliliğin önemli bir bileşeni olan hayvancılık sektörüne ilişkin su taleplerinin de dikkate alınarak havza su kaynaklarının yönetim planlarına dâhil edilmesi düşünülmelidir.
- Gen teknolojisi çalışmaları ile kuraklık ve tuzluluk gibi stres faktörlerinin etkisini minimize edebilecek savunma mekanizmaları geliştirilmiş bitki tür ve çeşitleri tercih edilebilir.
- Yine kurak ve/veya tuzlu koşullarda bitki gelişimini destekleyen çeşitli biyolojik (bitki büyümesini düzenleyen bakteriler, mikoriza gibi) veya kimyasal ajanların ve materyallerin (prolin, salisilik asit, hidrojen peroksit, kalsiyum, potasyum uygulamaları gibi) kullanılması seçenekleri de değerlendirilebilir.
- Toprakta nemin tutulumunu arttıran bazı toprak düzenleyicilerin (zeolit ve bioçar gibi) kullanılması yanında topraktan su kaybını azaltmada malçlama ve doğrudan ekim uygulamalarının yaygınlaştırılması da su tasarrufuna katkı sağlayacaktır.
- Tarımsal sulamanın başarısı sulama zaman ve miktarının doğru belirlenmesiyle yakından ilgilidir. Akıllı tarım teknolojileri, yazılımları ve algoritmalarıyla bu süreçlerin sağlıklı yönetilmesi artık mümkün hale gelmiştir. Bu kapsamda, Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü bünyesindeki Sulama Yönetimi ve Bitki Su Tüketimi (SUET) programının çiftçi ve sulama organizatörleri tarafından daha yaygın kullanılması yollarının araştırılması önemli olacaktır.

- Suyu doğru yöntemle istenen yere, gereken zamanda ve miktarda vererek sulama performansını en üst düzeylere taşıyabilen akıllı sulama teknolojilerinin işletim aşamalarında teknik bilgi gerektiğinden, çiftçilerin bu yönde eğitimlerinin de sağlanması yararlı olacaktır.
- Su yönetiminde akıllı teknolojilerin yaygınlaşması Ulusal Su Bilgi Sistemi çalışmalarına da önemli katkılar sağlayacaktır. Böylece suyun paylaşılmasında bir standardizasyon sağlayacak karar destek sistemlerinin kullanımının yaygınlaşmasıyla tasarruflu su kullanımı hedeflerine daha kısa sürede ulaşılması mümkün olacaktır.
- Sulama teknolojilerine ilişkin AR-GE çalışmalarının daha fazla desteklerle artırılması, sulama verimliliğinin gelişimini destekleyecektir.
- Yapay zekâ yaklaşımlarıyla havza bazlı yönetime geçişin desteklenmesi gerekmektedir. İklim değişikliğinin tarımı büyük ölçüde etkilediği günümüz koşullarında çiftçilerin verileri anlık izleme ve analiz etme imkânı bulunmamaktadır. Ancak yapay zekâ yaklaşımı, meteorolojik verileri, bitki gelişim istatistiklerini, hava, toprak ısı ve nemi gibi onlarca veriyi içeren veri setlerini kullanarak, makine öğrenmesi ve algoritmalarıyla, bölgelere ve bitkilere özel sulama programlarının hızlıca oluşturulmasını sağlayabilmektedir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akıllı Tarım Platformu (2019). Türkiye’de Akıllı Tarımın Mevcut Durum Raporu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Akıllı Tarım Platformu, Ankara.
- Anonim (2012). Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete Sayı: 28257, Ankara.
- Anonim (2017a). İçme ve Kullanma Suyu Temini ve Dağıtım Sistemleri Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete Sayı: 30208, Ankara.
- Anonim (2017b). Sulama Sistemlerinde Su Kullanımının Kontrolü ve Su Kayıplarının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik. Resmî Gazete Sayı: 29981, Ankara.
- Anonim (2019). Su Tahsisleri Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete Sayı: 30974, Ankara.
- Apaydın, A. (2014). Yer Seçiminden İşletmeye Yeraltı Barajları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Berke, M.Ö., Dıvrak, B.B., & Sarısoy, H.D. (2014). Konya’da Suyun Bugünü Raporu. WWF-Türkiye
- Dökmeci, S, Manap G.R., & Onur, M. (2022). Çevresel Göstergeler, Su Kullanımı. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ (2022a). DSİ 2021 Yılı Resmi Su Kaynakları İstatistikleri. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1622> (Erişim tarihi: 8 Eylül 2023)
- DSİ (2022b). Kuraklığa karşı 88 yeraltı barajı. <https://dsi.gov.tr/Haber/Detay/7207> (Erişim tarihi: 9 Eylül 2023)
- DSİ (2023). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2022 Faaliyet Raporu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara
- Faergemann, H. (2012). Update on Water Scarcity and Droughts Indicator Development. In EC Expert Group on Water Scarcity & Droughts. European Environment Agency (EEA): Brussels, Belgium, pp. 1-23.
- Gökçe, N. (2022). Küresel Su Stresi ve Ölçüm Yöntemleri. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 7(1), 189-208.
- Heinrich Böll Stiftung (2021). Meat Atlas. Facts and figures about the animals we eat. https://friendsoftheearth.eu/wp-content/uploads/2021/09/MeatAtlas2021_final_web.pdf. (Erişim tarihi: 4 Eylül 2023)
- IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp, doi:10.1017/9781009325844

- Kalkınma Planı (2018). T.C. Kalkınma Bakanlığı On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Kırkıcı, D.D. (2014). Sınır Aşan Sular Bağlamında Türkiye, Suriye ve Irak İlişkileri. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Konya Teknik Üniversitesi (2023). Konya Teknik Üniversitesi, Obruk Uygulama, Araştırma Merkezi. <https://www.ktun.edu.tr/tr/Birim/Index/?brm=LI4ZaR6VzKx3bmsGxi2H4w==> (Erişim tarihi: 18 Ağustos 2023)
- Mekonnen, M.M., & Hoekstra, A.Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15(3): 401-405.
- Öktem, A.U., & Aksoy, A. (2014). Türkiye'nin Su Riskleri Raporu. WWF-Türkiye.
- Su Şurası (2021). Su verimliliği grubu çalışma belgesi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 1. Su Şurası, Ankara.
- Su Verimliliği Seferberliği (2023). Su verimliliği seferberliği. <https://www.suverimliliği.gov.tr/tarimsal-su-verimliliği/> (Erişim tarihi: 23 Ağustos 2023)
- SYGM (2015). Konya Havzası Kuralık Yönetim Planı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2016). İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri Projesi, Proje Nihai Raporu. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2018a). Konya Kapalı Havzası Sektörel Su Tahsis Planı (2019-2024). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2018b). Küçük Menderes Havzası Kuraklık Yönetim Planı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2019). Kullanılmış Suların Yeniden Kullanım Uygulamalarına İlişkin Rehber Doküman. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2021). Tarım Sektöründe Su Verimliliğine İlişkin Metodolojik Rehber. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2022a). Konya Havzası Kuraklık Yönetim Planının Güncellenmesi Projesi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2022b). Yağmur Suyu Hasadı. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). Ulusal Su Planı (2019-2023). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Tonyaloğlu, E.E., Atak, B.K., & Yılmaz, K.T. (2020). Korunan alanlarda bütüncül yönetim: Büyük Menderes deltası ve bağlantılı sulak alan sistemi örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 4(2), 282-301.

- TUİK (2018). Nüfus Projeksiyonları, 2018-2080. Türkiye İstatistik Kurumu, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-Projeksiyonlari-2018-2080-30567#> (Erişim tarihi: 29 Ağustos 2023)
- TUİK (2021). Su ve Atıksu İstatistikleri, 2020. Sayı: 37197, Ankara.
- TUİK (2023a). Hayvancılık İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- TUİK (2023b). Çiğ Süt Üretim İstatistikleri, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Sayı: 49699, Ankara.
- TUİK (2023c). Kırmızı Et Üretim İstatistikleri, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Sayı: 49696, Ankara.
- TUİK (2023d). Kümes Hayvancılığı Üretimi, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Sayı: 49417, Ankara.
- United Nations (2022). United Nations, Department of Economic and Social Affairs Population Division, World Population Prospects 2022, <https://population.un.org/wpp/> (Erişim tarihi: 23 Ağustos 2023)
- Usta, A. (2016). Türkiye'nin su potansiyelinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi*, 3(2), 1-9.
- Water Footprint Network (2023). Water Footprint Network. <https://www.waterfootprint.org/> (Erişim tarihi: 4 Eylül 2023)
- WRI (2023). 25 Countries, Housing One-quarter of the Population, Face Extremely High Water Stress. August 16, 2023 By Samantha Kuzma, Liz Saccoccia and Marlena Chertock, World Resources Institute. <https://www.wri.org/insights/highest-water-stressed-countries> (Erişim tarihi: 21 Ağustos 2023)
- Yıldız, D. (2023). Dicle ve Fırat Havzasında Su ve Güvenlik Planlaması. Su Politikaları Derneği. <https://supolitikalaridernegi.org/2023/08/13/dicle-ve-firat-havzasinda-su-ve-guvenlik-planlamasi/> (Erişim tarihi: 18 Ağustos 2023)

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Üstün ŞAHİN | Atatürk Üniversitesi |
ussahin[at]atauni.edu.tr | ORCID: 0000-0002-1924-1715**

Prof. Dr. Üstün Şahin, 26 Temmuz 1966 Göle-Ardahan' da doğdu. İlk ve orta eğitimini Kars ilinin Sarıkamış ilçesinde, lise eğitimini Bayburt Ziraat Meslek Lisesinde, Lisans eğitimini 1988 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümünde, Yüksek Lisans eğitimini 1991 yılında ve Doktora eğitimini 1994 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında tamamladı. Akademik hayatına 1989 yılında Araştırma Görevlisi olarak başladı, 1999 yılında Doçent ve 2005 yılında Profesör unvanını aldı. Prof. Dr. Üstün Şahin'in yürütücü, araştırmacı ve danışman olarak yer aldığı, çeşitli kurumlar tarafından desteklenen, 50' ye yakın bilimsel araştırma projesi, 80 civarında SCI, SCI_Expanded kapsamında yayınlanmış bilimsel makalesi ve ulusal-uluslararası kongreler dâhil 240'a yakın toplam yayını vardır. Prof. Dr. Üstün Şahin Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde 2005 yılından beri Profesör olarak çalışmaktadır ve Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Akıllı Tarım Anabilim Dalı Başkanlığı görevini yürütmektedir.

**Prof. Dr. Üstün ŞAHİN | Atatürk University |
ussahin[at]atauni.edu.tr | ORCID: 0000-0002-1924-1715**

Prof. Dr. Üstün Şahin was born on July 26, 1966 in Göle-Ardahan. He completed his primary and secondary education in Sarıkamış district of Kars province, his high school education at Bayburt Agricultural Vocational High School, his undergraduate education at Atatürk University Faculty of Agriculture Department of Culture Technique in 1988. He was received master's degree in 1991 and doctorate degree in 1994 at Atatürk University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Agricultural Structures and Irrigation. He started his academic activity as a Research Assistant in 1989, and received the title of Associate Professor in 1999 and Professor in 2005. He has nearly 50 scientific research projects supported by various institutions, in which he participated as a manager, researcher and adviser, around 80 scientific articles published within the scope of SCI, SCI_Expanded, and nearly 240 publications in total, including national and international congresses. He has been working as a Professor at Atatürk University since 2005 and is the Head of the Smart Agriculture Department of Atatürk University Graduate School of Natural and Applied Sciences.



BİLİNÇSİZ GÜBRE KULLANIMININ BİYOÇEŞİTLİLİK ÜZERİNE ETKİSİ

THE EFFECTS OF UNCONSCIOUS FERTILIZER USE ON BIODIVERSITY

**Metin TURAN
Ayhan KOCAMAN**

BİLİNÇSİZ GÜBRE KULLANIMININ BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK ÜZERİNE ETKİLERİ

Metin TURAN*, **Ayhan KOCAMAN****

**Yeditepe Üniversitesi, **Karabük Üniversitesi*

Özet

Aşırı gübre kullanımı gibi antropojenik faaliyetler, genellikle biyolojik çeşitlilik, tür kompozisyonu ve ekosistem işleyişindeki değişikliklere neden olan etkilere sahiptirler. Biyoçeşitlilik ve tür kompozisyonundaki bu tür değişimlerde, aşırı gübre kullanımının etkenlerinin ekosistem işleyişi üzerindeki uzun vadede etkilerinin iklim değişikliğine ve sera gazı artmasına katkısı yanında, ekolojik çevrede yavaş yavaş biyolojik çeşitliliğe ve adapte olmuş türlere etkisinin önemli derecede etki ettiği buna bağlı olarak eko sistemdeki bio-çeşitliliği yeniden azalan bir yönde yapılandırmaktadır. Bu nedenle aşırı sentetik gübre kullanımının minimum düzeylerde tutularak organik girdilerin artırılmasının ve tarla boyutunu azaltarak ekim alanı heterojenliğini arttırmanın, ekolojik dengenin korunması ve türler arasında rekabeti koruyarak biyolojik çeşitlilik dengesini koruyacağı gibi sera gazı etkisi ile atmosferik olayların biyoçeşitlilik ve ekoloji üzerine etkisinin azaltılabileceği ve topraktaki bio-dinamik yapının yeniden kurulabilmesi için konvensiyonel tarıma alternatif olarak çiftlik boyutlarında karlılığı artıracak sürdürülebilir tarım için organik ve ya rejeneratif tarım sistemlerinin uygulanmasının artırılması ve teşvik edilmesi kaçınılmaz hale gelmektedir.

Anahtar Kelimeler

Biyoçeşitlilik, Gübreleme, Azot, Rejeneratif tarım, Ekoloji, Bio-dinamik tarım

THE EFFECTS OF IRRESPONSIBLE FERTILIZER USE ON BIODIVERSITY

Metin TURAN*, Ayhan KOCAMAN**

**Yeditepe University, **Karabük University*

Abstract

Anthropogenic activities, such as the excessive use of fertilizers, often have effects that lead to changes in biodiversity, species composition, and ecosystem functioning. With such changes in biodiversity and species composition, the long-term effects of the factors of excessive fertilizer use on ecosystem functioning contribute to climate change and increases in greenhouse gasses. As a result, diversity is restructured in a decreasing direction and, accordingly, bioavailability in the ecosystem. For this reason, increasing organic input by limiting the excessive use of synthetic fertilizers to a minimum and increasing the heterogeneity of cultivated areas by reducing field size will maintain the ecological balance and the balance of biodiversity by maintaining competition between species and reducing the impact of greenhouse gasses and atmospheric events on biodiversity and ecology as well as bioavailability in the soil. In order to restore the dynamic structure, it is essential to promote the use of organic or regenerative farming systems for sustainable agriculture, which increases the profitability of farms as an alternative to conventional agriculture.

Keywords

Biodiversity, Fertilization, Nitrogen, Regenerative agriculture, Ecology, Biodynamic agriculture

1. GİRİŞ

Dünyanın %10'u buzullarla, %19'u çöller, kuru tuz düzlükleri, plajlar, kum tepeleri ve açıkta kalan kayalar dan oluşan çorak araziler ve %71'i okyanuslardan ve %29'u yaşanılabilir toprak alanlarından oluşmaktadır. Bu yaşanılabilir toprak alanlardan %38'i ormanlardan, %14'ü çalılardan ve %49'u ise tarım için kullanılmaktadır (Ellis, Beusen, & Klein Goldewijk, 2020). Tarımın yaygınlaşması insanlığın çevre üzerindeki en büyük etkilerinden biri olmuştur. Bitki ve hayvan yaşam alanlarının tarım arazilerine dönüştürülmesi de biyolojik çeşitlilik açısından en büyük baskılardan birini oluşturulmaktadır Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN, 2022). Özellikle, antropojenik faaliyetler dünyanın ekosistemlerini önemli oranda değiştirmekte ve sıklıkla habitat bozulmasına ve biyolojik çeşitlilik kaybına neden olmaktadır (Newbold vd., 2016; Tilman vd., 2017). Bu antropojenik faaliyetlerden biri de artan küresel nüfusun besin ihtiyacını karşılamak için tarımsal alanlarda artan hatta bağımlılık haline gelen sentetik gübre kullanımıdır. Sentetik gübre kullanımı 1961 yılında Çin (2,35M), Hindistan (1,70 M), ABD (9,97M), Brezilya (0,90M) ve, Endonezya'da (0,30 M) ton iken, 2019 yılında Çin (51,15M), Hindistan (31,27M), ABD (22,40 M), Brezilya (18,13M), Endonezya (6,6M) ton olmuştur. Türkiye de kullanım artışı ise (0,11M) tondan (2,56M) ton a ulaşmıştır. Bu bağımlılık birçok ülkede birim alandan daha fazla ürün elde etmek için bilinçsiz ve gereğinden fazla gübre kullanımına tarımsal yetiştiricileri yönlendirmiştir. Aşırı gübre kullanımında besin maddelerinin su sistemlerine ve ekosistemlere taşınmasına neden olmanın yanında, kimyasal gübre ve maddelerin uzun süreli ve yoğun kullanımı toprağın direncini değiştirmektedir. Bu durum tarım arazilerindeki toprağın tampon sistemini zayıflatmakta ve bozmaktadır. Ayrıca toprağın bağışıklık sistemi olan ve canlının dinamik kısmını oluşturan biyolojik katman da zamanla yok olmaktadır. Böylece, doğada meydana gelen ve dinamik bir denge içinde çalışan su, hava dolaşımı, besin döngüsü, otomatik hastalık ve patojen kontrolü, iyon değişimi gibi birçok döngü bozulmaktadır. Bunun sonucunda biyolojik çeşitliliğini kaybeden topraklar kapasitesini, dolayısıyla üretkenliğini ve etkinliğini kaybederler (Kocaman vd., 2023). Aşırı sentetik gübre kullanımında özellikle Azot ve fosfor çiftçilerin tarlalarına uyguladığı ana gübreden ikisidir. Bu iki gübrenin küresel anlamda yarısından fazlası bitkiler tarafından alınmamaktadır (Lassaletta vd., 2014). Küresel çiftçilerin her yıl mahsullere yaklaşık 115 milyon ton azot uyguladığı ve sadece bunun %35'inin mahsuller tarafından kullanıldığı; mahsuller tarafından alınmayan 75 milyon ton azotun nehirlerimize, göllerimize ve doğal çevremize karıştığı bildirilmektedir (West vd., 2014). Kuveyt (313,79 kg), Singapur (295,70 kg), Güney Kore (245,90 kg), Mısır (171,97 kg), Yeni Zelanda (161,27 kg), Çin (150,36 kg) ve Tayvan (141,24 kg) gibi ülkeler hektar başına 100 kilogramdan fazla azot kirliliği üretmektedir. Bu durum Türkiye'de ise hektar başına 61,63 N kg düzeyindedir. Küresel çapta fosforlu gübre uygulamasına baktığımız zaman, çiftçiler her yıl yaklaşık 25 milyon ton fosfor uygulaması yapmaktadırlar. Bunun 14 milyon tonu mahsuller tarafından

kullanılmadan kirleticiye dönüşmektedir. Aşırı fosforlu gübre kullanan ülkelere baktığımız zaman Singapur 79,98, Yeni Zelanda 73,27, Japonya 69,30, Güney Kore ve Belçika 66,64 kg ha⁻¹ P'nin aşırı kullanılmasıyla listenin en üst sıralarında yer alıyorken, Türkiye'de ise aşırı P uygulaması 10,51 P kg ha⁻¹ seviyesindedir. Hektar başına uygulanan gübre miktarlarındaki artış 1961'den 2020 yılına kadar N için Bahreyn'de (31,63'ten 386,69), Mısır (31,48'den 386,69), Hollanda (49,13'den 205,73) iken ülkemizde bu gelişim 4,95 kg ha⁻¹ dan 88,69 kg ha⁻¹ çıkmıştır. P gübre kullanımında ise Brezilya (93.06 kg ha⁻¹ dan 113.89 kg ha⁻¹'a) iken ülkemizde 88.69 kg ha⁻¹ dan 32.99 kg ha⁻¹'a düştüğü görülmektedir. Potasyumlu gübre kullanımında ise yine Kuveyt (185.54 den 277.78 kg ha⁻¹), Birleşik Arap Emirlikleri (46.22 den 136.20 kg ha⁻¹) olarak artışlarla devam etmektedir (Ourworldindata, 2022).

Tarımsal sentetik gübre kullanımı sebebiyle karasal ekosistemlere azot ilavesi sanayi devrimi ile birlikte son yıllarda önemli ölçüde artmakta ve bugün küresel değişimin en yaygın itici güçlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Galloway vd., 2008). Çeşitli ampirik çalışmalar ve incelemeler, otlak bitki topluluklarının azot ilavesine genel tepkisini, özellikle tür zenginliğindeki azalmalar ve fitomas üretkenliğinde ortaya çıkan artışlar olarak belirtilmektedir (Bobbink vd., 2010; De Schrijver vd., 2011; Maskell vd., 2010). Topraklardaki bazı besin maddelerinin büyük oranda bulunması, bitki türleri arasında rekabetçi asimetrinin artmasına ve kısa, yavaş büyüyen bitki türlerinin hızla dışlanmasına yol açmaktadır (Keddy, Twolan-Strutt, & Shipley, 1997). Yapılan deneysel bir modelleme çalışmasında, besin açısından zengin uygulamada sekiz türden altısı 3 yıl içinde neredeyse yok olurken, besin açısından fakir uygulamada tüm çok yıllık türler hala çeşitliliğini koruduğu, özellikle azot (N) girişi olmadığında maksimum çeşitliliğe ulaşılırken, N yükü arttığında çeşitlilik indeksi azaldığı görülmüştür (Schippers & Joenje, 2002). 1996 ile 2015 yılları arasında dünya çapında yayınlanan 54 çalışmadan elde edilen 229'dan fazla veri noktasının meta-analizinde, daha fazla N uygulama oranları tür zenginliğini, Shannon çeşitliliğini, olgunluk indeksini ve omnivorluğu önemli ölçüde azalttığı ve yırtıcı nematod sayısını artırdığını bildirmişleridir (Liu vd., 2016). Mahsul gelişimini destekleyen daha yüksek oranlarda inorganik N gübresinin, bitkiyi besleyen nematodlar için elverişli bir ortam yarattığını sonucunu ortaya çıkarmaktadır (Liu vd., 2016). İsveç'te kuzey ormanlarında ve N birikiminin düşük olduğu bir bölgede yapılan saha deneylerinden ve geniş ölçekli bir izleme çalışmasından elde edilen sonuçlara göre, düşük N dozlarında önemli bitki örtüsü değişikliklerinin meydana gelmeye başladığını ve N uygulamasının sıfıra indirildikten sonra bitki örtüsünün geri kazanıldığı rapor edilmektedir (Nordin vd., 2005). N ve P küresel deniz ve tatlı su ötrofikasyonunun %78'ine neden olmakta (Poore & Nemecek, 2018), su kütlelerinin besin bakımından zenginleşmesi, alglerin aşırı büyümesine, oksijenasyona ve biyolojik çeşitlilik kaybına neden olmaktadır (Jwaideh, Sutanudjaja, & Dalin, 2022). Hem gübre kullanımı hem de ötrofikasyon alanları sırasıyla 1950'lerden ve 1960'lardan bu yana hızla artmıştır (Diaz & Rosenberg, 2008; Morari, Vellidis, & Paige, 2011). Ayrıca, N

ile P ve K birlikte toprağa eklendiğinde bitki türü zenginliği üzerinde daha güçlü olumsuz etkileri bulunmuş, buna neden olarak da besin kolimasyonu olabileceğini düşündürmüştür (Harpole vd., 2011; Ren vd., 2010). Yine, döllemenin aynı zamanda yer altı kök rekabetini de arttırarak türler arasında ilave rekabetçi dışlanmaya neden olabileceği de bildirilmektedir (Dickson & Foster, 2011; Rajaniemi, 2002; ancak bkz. Hautier vd., 2009). Fosfor kirliliği, azot kirliliğiyle karşılaştırıldığında artan fosforun çevresel sonuçları çok daha az ilgi görmüştür (Elser & Bennett, 2011). Ayrıca, fosfor kirliliğini azaltmayı amaçlayan çevre politikaları esas olarak su ekosistemlerini hedef almıştır (Conley vd., 2009; Schindler vd., 2008). Bununla birlikte, bazı çalışmalar fosfor kirliliğinin, nitrojen kirliliği seviyesinden bağımsız olarak karasal ekosistemlerdeki biyolojik çeşitlilik için en azından eşit derecede zararlı olabileceğini göstermiştir (Ceulemans vd., 2013; Fujita vd., 2014; Wassen vd., 2005). 501 otlak kuadratında toplam 571 bitki türünde yapılan bir çalışmada, en fazla biyoçeşitliliğin toprak fosforunun daha düşük seviyelerinde olduğu, 4m² ye düşen tür zenginliğinin toprak fosforunun 40 mg P kg⁻¹ altında olduğu seviye de 40 farklı biyoçeşitliliğe rastlanırken, toprak fosforunun 80 mg P kg⁻¹ aştığı seviyelerde biyoçeşitliliği 20 tür ü geçmediğini tespit edilmiştir (Ceulemans vd., 2014). Yine uzun süre toprağa yapılan sentetik gübrelemelerin toprağın rizosfer bölgesindeki mikroorganizma çeşitliliğine olan etkisi de büyüktür. Yapılan çalışmaya göre bakteri topluluğu için, NPK kimyasal gübrelerinin uzun süreli uygulanması bakteriler için; *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, Deltaproteobakterilerin, mantar topluluğu için, Sordariomycetes'in miktarını azalttığını göstermektedir. Ayrıca yine aynı çalışmada, AMF topluluğu için, *Claroideoglomeraceae*'nin nispi sayısını arttırırken, özellikle rizosfer toprağında *Glomeraceae*'nin nispi miktarını azalttığını, nematod topluluğu için, baskın cins *Caenorhabditis*'in göreceli sayısını arttırırken, Bacterivores, Fungivores, Herbivores, Omnivores- Predators'a ait diğer cinslerin çoğunun sayısını azaltmıştır (Fan vd., 2021). NH₄⁺-N'nin toprağa uygulanması, CH₄ oksidasyonundan sorumlu enzim olan metan monooksijenazın rekabetçi inhibisyonunun bir sonucu olarak metanotrofik topluluklar üzerinde önleyici bir etkiye sahiptir (Plaza-Bonilla vd., 2014). Kimyasal gübrelerin uzun süreli uygulanması bakteri ve mantar çeşitliliğini azaltmış olduğu da yapılan bu çalışmalarda netleşmiştir.

Tarım topraklarından kaynaklanan sera gazı emisyonları gübreleme, sulama ve ekim modeli gibi tarla uygulamalarından büyük ölçüde etkilenmektedir. Metan (CH₄), karbon dioksit (CO₂) ve nitroz oksit (N₂O), atmosferdeki küresel ısınmaya neden olan başlıca sera gazlarıdır (Robertson, Paul, & Harwood, 2000). Tarımdan kaynaklanan sera gazı emisyonları, insan faaliyetlerinden kaynaklanan toplam emisyonların %10-12'sini oluşturur ve tarımdan kaynaklanan toplam CH₄ ve N₂O emisyonları, sırasıyla %52 ve %84'ünü oluşturur (Edenhofer, 2015; IPCC, 2013). N gübre uygulaması topraktan sera gazı emisyonlarını düzenleyen önemli bir faktördür (Yao vd., 2012). N uygulaması, nitrifikasyon ve denitrifikasyon sürecini teşvik etmek amacıyla toprakları NH₄⁺-N ve NO₃⁻-N ile zenginleştiren ana tarımsal uygulamalardır

(Álvaro-Fuentes vd., 2016). N_2O emisyonları ile N gübre uygulama oranı arasındaki pozitif ilişkiler genellikle girdiler optimum oranları aştığında gözlemlenmiştir (Mosier vd., 2006; Ning vd., 2019), N_2O emisyonları N gübresi artan uygulama oranı ile katlanarak arttığı (Shcherbak, Millar, & Robertson, 2014; Song vd., 2018), ancak makul N uygulamasının toprak N_2O emisyonlarını önemli ölçüde ne artırdığını ne de azalttığını bildirilmektedir (Trost vd., 2016). N uygulamasının CO_2 emisyonları üzerindeki etkileri temel olarak toprağın organik maddesinin içeriğine bağlıdır. N gübresinin uygulanması toprak karbon kaynağı yeterli olduğunda toprak solunumunu teşvik ederek CO_2 emisyonlarında artışa neden olur. Ancak karbon kaynağı yetersiz olduğunda toprak solunumu engellenecektir (Niu vd., 2010). Kısa süreli bir araştırmada, N uygulamasının karbon sınırlı toprakta mikrobiyal solunumu ve biyokütleyi bile azalttığını göstermiştir (Micks vd., 2004). Tarımsal topraklar, mikrobiyal aktivite için oksijen mevcudiyetine bağlı olarak CH_4 kaynağı olarak da hareket edebilirler (Álvaro-Fuentes vd., 2016).

Mineral-organik madde-mikroorganizma etkileşimlerinin temel düzeyde anlaşılması, ekosistem bütünlüğünün küresel ölçekte anlaşılması, onarılması, geliştirilmesi ve sürdürülmesi için gereklidir. Toprak organik karbon, tarımsal üretkenliğin ve su güvenliğinin önemli bir belirleyicisi olarak kabul edilmekte olup biyolojik çeşitliliğin ve iklim değişikliğine dayanıklılığın temel taşıdır. Toprak organik karbonun arttırılması toprak kalitesini ve verimliliğini, bitki örtüsünün büyümesini sağlar ve toprakta daha fazla karbon birikmesini teşvik eder. Topraktaki organik karbon miktarının ve kalitesinin arttırılması, toprak yapısının stabilitesini, su tutma kapasitesini, gözenekliliğini ve toprağın verimliliğini artırır (Banwart vd., 2014; Baveye, Baveye, & Gowdy, 2016; Clara vd., 2017; Eleanor vd., 2015; van der Wal & De Boer, 2017). Bu da geniş bir yelpazedeki ekosistem hizmetlerinin iyileştirilmesine yol açmaktadır. Tarımsal yoğunlaşma, biyoçeşitlilik kayıplarının önemli bir nedenidir; organik tarıma geçiş ise bu eğilimi durdurmak veya tersine çevirmek için önemli bir teknik olarak önerilmektedir (Tscharntke vd., 2021). Organik tarımın biyo çeşitlilik üzerine etkiyi geleneksel tarıma göre üçte biri kadar artırdığı bildirilmektedir (Tscharntke vd., 2021). Fakat verim artışları da bunun paralelinde artmadığı ve verim kayıpları yaşandığı için artan nüfus etkisiyle ya tarım ürünlerine olan talep konvensiyonel sentetik gübre kullanımlarının azaltılma baskısı sonucunda daha fazla alanların tarıma açılmasına neden olacaktır, ya da modern tarım alanlarının çoğunun özelliği, tek bir hizmetin, yani mahsul üretiminin sağlanmasının, arazi dönüşümü, mekanik çalışma ve tarım kimyasallarının (böcek ilaçları, gübreler) kullanımı yoluyla yoğunlaştırılması (Montoya vd., 2020) olacaktır. Biyoçeşitliliği artırmaya yönelik başarılı tarımsal önlemler arasında ekim alanlarının çeşitlendirilmesi ve tarla boyutunun küçültülmesi yer alıyor; bu da hem geleneksel hem de organik sistemlerde yüksek verimi sürdürürken biyolojik çeşitliliği artırabildiği bildirilmektedir (Birkhofer vd., 2015; Landis, 2017; Schellhorn vd., 2008; Wilson, 2007). Tarım sistemlerinin çeşitlendirilmesiyle, biyolojik çeşitlilik, tozlaşma, biyolojik haşere ve yabancı ot kontrolleri

ile bozulan ekosistemin yeniden yapılanmasında anahtar rol oynar (Lichtenberg vd., 2017; Rosa- Schleich vd., 2019; Tamburini vd., 2020). Özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika'daki tarım arazileri, üretim tekniklerini basitleştirmek ve en çok satan ürünlerde uzmanlaşmak için giderek artan oranda büyük monokültürler ve kısa ürün rotasyonları tarafından şekillendirilmektedir. Bu basitleştirilmiş ürün rotasyonları toprağı tüketiyor ve haşere istilasını, tekrarlanan pestisit uygulamaları yoluyla direnci ve tozlaştırıcılar ve biyokontrol ajanları için kaynak darboğazları riskini artırmakta (Schellhorn, Gagic, & Bommarco, 2015) ve bunların hepsi verim düşüşü riskini de beraberinde getirmektedir (Bennett vd., 2012). Buna karşılık, karışık ürün deseni tarafından sağlanan kaynak sürekliliğı, tek başına veya kır çiçeğı şeritleri gibi arazi paylaşımı uygulamalarıyla birlikte, tozlaşma ve biyolojik haşere kontrolü gibi ekosistem hizmetlerinin istikrarını etkili bir şekilde artırır (Rundlöf vd., 2014; Schellhorn vd., 2015; Westphal, Steffan-Dewenter, & Tscharntke, 2009). Sekiz bölgedeki 435 yarı doğal yaşam alanı temel alan bir çalışmada, tarla boyutunu azaltarak ekim alanı heterojenliğini arttırmanın, multitrofik çeşitlilik (bitkiler, kuşlar, arılar, kelebekler, karabid böcekleri, örümcekler ve sıfır sinekleri) için, artan çeşitlilik kadar faydalı olabileceğini göstermiştir (Sirami vd., 2019). Yine ürün tarlalarının boyutunun 5 hektardan 2,8 hektara (veya 6 hektardan 1 hektara) düşürülmesi, yarı doğal habitatın %0,5'ten %11'e (veya %0'dan %35'e) çıkarılması kadar tür sayısını da artırdığını, bunun sadece mahsul tarlaları boyunca ortak çimenlik alan kenar şeritlerindeki artıştan kaynaklanmadığını; aynı zamanda mahsul yetiştirilen tarla kenarlarının arttırılmasının olumlu bir etkisi olduğunu bildirmektedirler (Alignier vd., 2020; Clough, Kirchweger, & Kantelhardt, 2020; Sirami vd., 2019). Daha yüksek tarla kenarı yoğunluklarının, tarımsal bir arazide yabani arı sayısının beş katına kadar çıkmasına ve daha fazla meyve tutumuna neden olabildiğı (Hass vd., 2018), ve ayrıca haşere istilasını azalttığını bildirmektedirler (Bosem Baillod vd., 2017; Hass vd., 2018; Redlich, Martin, & Steffan-Dewenter, 2018).

Yenileyici tarım, toprak sağlığını, verimliliğini geri kazandıran özellikle de sürdürülebilirlik sağlayan, biyolojik çeşitliliğı destekleyen, su havzalarını koruyan, ekolojik ve ekonomik dayanıklılığı arttıran uygulamalardır. Ayrıca, yenileyici tarım, fotosentez ve biyolojik bileşenler yoluyla, özellikle de bozulmuş arazileri, yeniden karbonize ederek artan miktarlarda atmosferik karbonu yeraltında tutabilir ve bu da onu iklim değışikliğine karşı düşük maliyetli bir çözüm haline getirebilir. Ayrıca, sağlıklı ve besleyici gıda üretimi de dahil olmak üzere artan iklim değışikliğine karşı verilen uygulamalarda önemli bir etken olduğu anlamına da gelmektedir. Bu nedenle, bu derlemede, üst toprağın doğal bir şekilde oluşturulması, toprak sağlığının iyileştirilmesi, yerel gıda üretiminin, biyoçeşitliliğın korunması ve yenileyici ekonomik stratejilerin araştırılması da dahil olmak üzere pek çok umut verici, proaktif çözümü hayata geçirme potansiyeli nedeniyle rejeneratif tarımın gerekliliğinin önemini vurgulamaktır.

2. BİYOÇEŞİTLİLİĞİN ARTIRILMASINDA GELENEKSEL TARIMA ALTERNATİF TARIM YÖNTEMLERİ

Yirminci yüzyılda insan nüfusunun artması, doğal yaşam alanlarının yok edilmesi ve tarımın yaygınlaşması, açıkça biyoçeşitliliğin yok olmasındaki temel nedenlerdir. Birleşmiş Milletler Nüfus Programı ise bu yüzyılın sonuna kadar 11,4 milyarlık bir nüfus öngörmektedir. Nüfus artışı şüphesiz ilave besleyici gıda üretimlerini de gerektirecektir. Basit bir ifadeyle gelecekteki gıda talebini karşılamanın iki yolu var. Bunlardan birisi, mevcut tarım arazisi alanından üretimi artırmaktır ki, burada genel olarak ‘arazi koruma’ stratejisi olarak adlandırılan şey, arazi verimliliğinin sentetik gübreler ile artırarak verim boşluklarının kapatılmasını içermektedir. İkincisi ise ekim yapılan arazilerin arttırılmasıdır. Ancak arazi kullanımının tarım alanlarına dönüştürülmesi, habitat kaybı açısından doğrudan etkilerin yanı sıra biyojeokimyasal ve hidrolojik döngülerin değiştirilmesi gibi çoklu dolaylı etkilere de sahiptir (Baudron, F. & Giller, K. E., 2014). Bu nedenle, Arazi kullanımı, biyolojik çeşitliliğin korunması da dahil olmak üzere diğer ekosistem hizmetleri için kritik öneme sahiptir. Dünya çapında geleneksel sistemlere en belirgin alternatif koruyucu tarım (Giller vd., 2015), üç prensibe dayanmaktadır: Minimal toprak işleme veya toprak işlemez, sürekli toprak örtüsü - mahsuller, örtü bitkileri veya mahsul artıklarından oluşan malçla, mahsul rotasyonudur (Farooq & Siddique, 2015). Bu rotasyonlar, toprağın bozulmasını ve üretim maliyetlerinin azaltılması ile koruyucu tarımın desteklenmesinde yol gösterici ilkeler olmuştur. Dünya çapında en öne çıkan ikinci sistem ise biyodinamik ve rejeneratif tarım prensiplerinin de dahil olduğu organik tarım olmuştur.

2.1. Biodinamik Tarım

Biyodinamik tarım, bir çiftliğin canlı organizma prensiplerine dayalı olarak yönetilmesi ve bir bütün olarak toprağın ve üretimin ihtiyaçlarını çiftliğin yaşam dinamikleri aracılığıyla karşılayan, bir çiftlik sisteminin tüm unsurlarını bir araya getirmeyi amaçlayan organik tarım metodudur. Gübre olarak ağırlıklı olarak kompost kullanan organik bir tarım sistemidir. Toprak kalitesi bitki büyümesini, mahsul üretimini ve kalitesini doğrudan etkilemektedir. Çalışmalar, biyodinamik tarım sistemlerinin geleneksel muadillerine göre genel olarak daha iyi toprak kalitesine, daha düşük mahsul verimine ve hektar başına eşit veya daha yüksek net getiriye sahip olduğunu göstermiştir (Carpenter-Boggs, Reganold, & Kennedy, 2000; Reeve vd., 2005). Bitkilerin normal antioksidan üretimini geri kazandırarak aynı zamanda biyodinamik meyve ve sebzelerin besin değerini de arttırdığı (Granato, de vd., 2016; Patel, 2021) belirtilmektedir.

1993 ile 2017 yılları arasında “Web of Science” gibi yüksek dereceli dergilerde yayınlanan makaleler de biyodinamik, organik ve iki geleneksel tarıma elverişli ekim sistemi arasındaki uzun vadeli karşılaştırmaları rapor edilmiştir. deney sonuçlarına göre; çiftliklerde

oluşan organik gübrelerin kullanıldığı, organik olarak gübrelenen, baklagil bazlı ürün rotasyonlarının geleneksel tarım sistemlerine gerçekçi bir alternatif olduğu sonucuna varmışlardır (Santoni, 2020). Ayrıca, toprak agrega stabilitesi, toprak pH'ı, stabil organik madde oluşumu, toprak kalsiyum ve magnezyum, mikrobiyal ve faunal biyokütle (toprak solucanı, karabidler, stafilinidler ve örümcekler) açısından biyodinamik sistem, organik sistem ile karşılaştırıldığında, belirli koşullar altında daha üstün olma potansiyelini gösterdiğini bildirmektedir (Mäder vd., 2002). Biyodinamik sistemler geleneksel sistemlerle karşılaştırıldığında, toprak pH'ının, toplam toprak N'nin ve toprak organik karbonunun daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (Fließbach, 2007). Ayrıca toprak mikrobiyal biyokütlesi, mikrobiyal biyokütle oluşumu için toprak organik maddesi ve dehidrojenaz aktivitesinin biyodinamik sistemlerde daha yüksek olduğunu göstermektedirler. Bu da biyodinamik sistemlerin daha iyi toprak kalitesinin varlığını göstermektedir. Biyodinamik tarım, topraktaki karbon tutumunun iyileştirilmesi ve üretkenliğin veya ürünün verim potansiyelinin ve besin kalitesinin artırılması gibi çeşitli yollarla sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önemlidir. Aynı zamanda, böcek zararlıları ve hastalıkların önlenmesi konusunda da popülerliği artmaktadır (Muhie, 2023).

2.2. Rejeneratif Tarım

Toprak, atmosfer, okyanuslar ve bitki örtüsüyle birlikte gezegendeki en büyük karbon havuzlarından biridir. Sağlıklı topraklarda tipik olarak yüzde 6-8 oranında karbon bulunur. Topraklar, bozulmazsa veya sağlığına kavuşturulursa, yalnızca karbonlarını tutmaya devam etmekle kalmaz, aynı zamanda atmosferden daha da fazla karbon emilimi sağlar; bu da küresel ısınmayla mücadelede önemlidir (White, 2020). Rejeneratif (yenileyici) tarım, topraktan insana kadar tarım sistemlerinin sürekli yenilenmesini amaçlamaktadır ve toprak biyolojik çeşitliliğinin ve özellikle de besinlerin biyolojik döngüsünden sorumlu olan makro ve mikro organizmaların önemini vurgulamaktadır. Bu tarım sistemi birçok tarım modelini kapsamaktadır. Bu uygulamalardan; kaynakların, yani toprak, su, enerji ve biyotanın kullanımını ve sistem içindeki öğelerin karşılıklı yararlı yönlerini en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan permakültüre (Mollison, 1988), gübre ve pestisitlerin yerine ekolojik ardılığa ve tabakalaşmaya dayanan ve birçok türün bir arada yaşaması ve yönetimini sağlayan sintropik tarım (Andrade, Pasini, & Scarano, 2020), topraktaki organik madde ve sağlık, genetik çeşitliliğin korunması, hayvan entegrasyonu, faydalı böcek entegrasyonu ve sistemin dayanıklılığını artırmak için yerli tarım yöntemlerinin desteklenmesine odaklanan agroekoloji (Wezel vd., 2009), tarlalar, yollar, çitler veya çit-ağaç çizgileri gibi uygulamalar ile toprakta karbon birikimi, bitkilerin kullanabileceği suyun sağlanması ve/veya biyolojik çeşitlilik ve bolluğun artması gibi durumlara yol açan bir dizi ekosistem ve üretim temelli ilişkili çiftlik peyzajı unsurlarının kullanılması (O'Donoghue, Minasny, & McBratney, 2022), toprakların daha fazla katyon değişim kapasitesi ve nem tutma özelliği sağlayan ve nitröz oksit emisyonlarını azaltan özelliklere sahip biochar (Lehmann vd., 2021) uygulamalarıdır.

Son zamanlarda yapılan incelemeler, rejeneratif tarımdaki ana temalarının toprak sağlığı, biyolojik çeşitlilik ve sosyoekonomik eşitsizlikler olarak belirlemekteler (O'Donoghue, T., Minasny, B., & McBratney, A. 2022). Ancak şu ana kadar uygulamaya veya sonuçlara dayalı bir tanımlı açıklığa kavuşturamamıştır. Son yıllarda bu kavram çiftçiliklerde ve kurumsal ilgide hızlı bir artış görmektedir. Bu kapsamda artık yenileyici tarımın en iyi şekilde bir hareket olarak görülebileceği de öngörülmektedir. Örneğin (Harwood, 1983) 'Yenileyici Tarım Felsefesi'ni 10 maddede özetlemektedir;

1. Tarım, yüksek verimde, biyositol içermeyen, besin değeri yüksek gıdalar üretmelidir.
2. Tarım, toprağın üst katmanlarının derinliğini, verimliliğini ve fiziksel özelliklerini artırarak toprak verimliliğini azaltmak yerine arttırmalıdır.
3. Toprak florasını ve faunasını tamamen toprak desenine entegre eden besin akış sistemleri daha verimlidir. Çevreye daha az zarar verir ve mahsullerin daha iyi beslenmesini sağlar. Bu tür sistemler, toprak profilinde yukarıya doğru yeni bir besin akışı sağlayarak olumsuz çevresel etkileri azaltır veya ortadan kaldırır. Böyle bir süreç, tanımlı gereği, bir toprak oluşum sürecidir.
4. Mahsul üretimi, sentetik biyositolere olan ihtiyacı ortadan kaldırarak stabilite için biyolojik etkileşimlere dayanmalıdır.
5. Tarım sisteminin biyolojik yapısını bozan maddeler (günümüz sentetik gübreleri gibi) kullanılmamalıdır.
6. Rejeneratif tarım, biyolojik yapılanması itibarıyla sistemin yöneticisi/katılımcıları ile sistemin kendisi arasında yakın bir ilişki gerektirir.
7. Biyolojik nitrojen fiksasyonu yoluyla nitrojen konusunda büyük ölçüde kendine güvenen entegre sistemler kullanılmalıdır.
8. Tarımdaki hayvanlar, insan gıdasında bulunan hormonların ve antibiyotiklerin profilaktik kullanımını önleyecek şekilde beslenmeli ve barındırılmalıdır.
9. Tarımsal üretim artan düzeyde istihdam yaratmalıdır.
10. Yenileyici Tarım, ulusal düzeyde planlama gerektirir ancak besin akışı döngülerini kapatmak için yüksek derecede yerel ve bölgesel kendine güvenmeyi gerektirir.

Bu nedenle, daha fazla pratik ve akademik çalışmayı tanımlamak ve yönlendirmek için yazarlar, rejeneratif tarımın potansiyelini araştırmak üzere literatüre geri dönmektedirler. Yenileyici tarım" teriminin tanımlı ve/veya açıklaması hakkında 229 dergi makalesinden ve 25 kuruluştan alınan verilere göre, araştırma makalelerinde en sık bahsedilen süreçlerin, %26'sı dış girdilerin hiç olmaması veya çok az olması ve çiftlik içi girdilerin kullanılması, %19'u hayvancılığın entegrasyonu, %12'si sentetik gübre kullanılmaması, %12'si pestisitler

ve toprak işlemenin azaltılması veya ortadan kaldırılması ile ilgili olduğudur. Ayrıca, web siteleri arasında en sık bahsedilen süreçlerden %41'i toprak işlemenin azaltılması veya ortadan kaldırılması, %41'i hayvancılığın entegrasyonu ve %31'nin örtü bitkilerinin kullanımı olduğunu belirtmektedir (Newton vd., 2020). Yine 2016 yılından sonra analiz edilen hakemli 28 makalede, tanımların farklı konulara (örneğin toprak sağlığı, iklim değişikliği) ve ölçeklere (örneğin çiftlik, gıda sistemleri düzeyine) değiştiğini ve bunun da farklı uygulama düzeylerine yol açtığını gördüklerini belirtmektedirler (Schreefel vd., 2020). Yine kuzey Amerika'da 20 bölgede yetiştirilen mısır bitkisinde geleneksel tarım ve rejeneratif tarım sistemleri kıyaslanmıştır. Bu çalışma sonuçlarına göre; böcek zararlısı popülasyonları, böcek ilacı uygulanan çiftliklerde, böcek ilacı içermeyen rejeneratif tarımın uygulandığı çiftliklere kıyasla 10 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, zararlı popülasyonlarında sayısal olarak yaprak bitlerinin baskın olduğu da belirtilmektedir (LaCanne, C. E., & Lundgren, J. G., 2018). Tarımdaki haşere sorunları genellikle düşük biyolojik çeşitliliğin ve çok sayıda mekansal ölçekte basit topluluk yapısının ürünü (Tscharntke vd., 2012) olduğu da belirtilmektedir.

Artan gıda üretimi ve sınırlı kaynaklara sahip çiftçi aileleri için daha fazla gelir elde etme hedefi çiftçileri yüksek teknoloji ve yüksek sentetik gübre kullanma stratejileri, özellikle üçüncü dünya ülkelerinde döviz talep eden petrol bazlı girdilere dayanmaktadır. Bunlar, gereksiz üretim maliyetlerini artırmakta, çiftçi ailelerini tehlikeye sokmakta ve kırsal çevreyi bozan aşırı kimyasal gübre ve böcek ilacı kullanımını içerebilmektedir. Bu girdiler ise özellikle küçük çiftçileri ekonomik açıdan zayıflatır. Bu nedenle, gelecekteki tarımsal üretim sistemlerini, çiftlikte bulunan üretim kaynaklarından daha iyi yararlanacak şekilde tasarlanabilmesi önemlidir. Pahalı girdilerin yerine uygun kaynakların kullanımı ile gelişmiş nitrojen fiksasyonu, daha fazla toplam organik madde üretimi ve daha yüksek düzeyde biyolojik aktivite katkısı ile verimlilik artırılabilir. Örnek olarak, Kuzey Dakota'da yenilikçi bir çiftçi olan Brown, ailesinin geleneksel olarak yönetilen, aşınmış, yıpranmış arazisini, yenileyici tarımla organik toprağa dönüştürerek biyolojik açıdan zengin, sağlıklı ve üretken bir işletmeye dönüştürdüğünü (Brown, 2018) bildirdiği çalışmada, ayrıca her yıl toprağın pullukla çevrilmesi, toprağı rüzgar ve su erozyonuna maruz bıraktığını ve daha önce güvenli bir şekilde depolanan büyük miktarda karbondioksitin atmosfere salınmasına neden olduğunu, sürme ile toprak agregatlarını parçalanıp, kritik mantar ağlarını yok edildiğini ve mikroplar, solucanlar ve diğer yaşam formları için uygun olmayan bir ortam oluşturulduğunu, ve çıplak veya sıkıştırılmış toprakla sonuçlanabileceğini belirtmektedir. Sonuçta, yaşam sona erdiğinde, bunu erozyon takip edecektir. Fakat, toprak işlemez yenileyici tarım yönetim uygulamaları toprak organik karbonunu artırmaya yönelik avantajlarına rağmen, daha yüksek N₂O emisyonlarıyla sonuçlanacağı yönünde bazı endişelerde mevcuttur. Çünkü bu gazın küçük bir konsantrasyonu bile ısınma üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. toprak işlemez tarım ile artan N₂O, muhtemelen düşük oksijen koşulları ve düşük toprak

pH'ı ve dokusuyla birlikte düşük organik madde nedeniyle denitrifikasyona neden olan N gübrelerinin daha yüksek kullanımına bağlı olabilir (Burford, J. R., & Bremner, J. M. 1975; Bergstrom, D. W., Tenuta, M., & Beauchamp, E. G., 1994). Bu nedenle, azaltılmış veya toprak işlemez tarımdan kaynaklanan N₂O emisyonlarının etkisini azaltmak için verimliliği arttırılmış azotlu gübrelerin kullanılması önerilmektedir (Thilakarathna vd., 2020). Diğer bir yenileyici tarım ilkelerinden birisi de, toprağın kapalı tutulmasını ve köklerin tüm yıl boyunca toprakta kalmasını içerir. Yöntemlerden biri örtü bitkilerini tarım sistemine dahil etmektir. Örtü bitkileri, ekim dönemlerinde topraktaki canlı bitkileri örtmek ve tutmak için genellikle ana ürünler arasında yetiştirilir. Bu, ya hasattan sonra örtü bitkileri ekerek ya da daha sonra bir sonraki sezonda hasat sonrası toprak örtüsünü korumak için gelişecek çok yıllık bitkilerle birlikte genellikle tahıllar gibi mahsullerin az tohumlanmasıyla gerçekleştirilir. Baklagiller de dahil olmak üzere çok türlü örtü bitkilerinin, biyolojik azot tespiti, mikrobiyal çeşitlilik, sıkışmanın azaltılması, faydalı böceklerin çekilmesi, yabancı otların bastırılması, toprak sıcaklığının düzenlenmesi ve artan su sızması gibi ekosistem işlevlerini iyileştirdiği düşünülmektedir. Örtü bitkileri, toprak verimliliğini artırmanın yanı sıra, karbon tutulumuna yardımcı olur ve bunların yaygın olarak benimsenmesi, toprak işlemez veya diğer ekim uygulamalarıyla karşılaştırılabilecek düzeyde tarımsal sera gazı emisyonlarını %10 azaltabilmektedir (Kaye, J. P., & Quemada, M., 2017). Bir diğer popüler rejeneratif tarım uygulaması ise, hayvancılığın metan emisyonlarına katkıda bulunmakla yaygın olarak suçlanmasına rağmen, toprak sağlığını iyileştirmek ve gelir akışını çeşitlendirmek için hayvancılığı entegre etmektir (Seó, H. L., Machado Filho, L. C., & Brugnara, D., 2017). Toprak organik karbonunu arttırmak ve toprak sağlığını iyileştirmek için sürekli otlatma yerine dönüşümlü otlatma tercih edilir (Díaz-Solís 2009; Teague 2008; Byrnes vd., 2018). Anekdotsal kanıtlar dönüşümlü otlatmanın bazı otlaklarda, özellikle daha kuru ve sıcak iklimlerde toprak organik karbonunu artırabileceğini göstermektedir (Conant, R. T., Paustian, K., & Elliott, E. T. 2001; Follett, 2020). Bu nedenle, çiftliklerin tamamında, her tarladaki uygun ürün ve ekimi hayvan işletmeleri ile entegre edilebilir, bu da yüksek düzeyde yapılandırılmış ve verimli bir sisteme yol açar. Bu tür sistemler, birçok ülkede tarım girdilerinde ve temel gıda maddelerinin üretiminde kendine yeterliliğin artmasıyla ilgilenen ulusal tarım sektörü planlamacılarının ihtiyaçlarına hizmet edebilir. Ayrıca, bunlar sınırlı kaynak koşullarında gıda ürünlerine ilişkin araştırmaların arttırılmasını ve hem büyük hem de küçük çiftliklerin işletmecileri için bilgi, teşvikler ve uygun teknolojilerin sağlanmasını yerel kalkınmaya da katkı sağlayabilir.

3. SONUÇ

Hava, toprak, su ve organizmalar, aşırı gübrelemeye bağlı olarak ekosistemlerinin yapısı, işlevi ve biyolojik çeşitliliği üzerindeki önemli sonuçları yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Son elli yılda uluslararası çevre kuruluşları ve politika yapımcılar, biyosfere ve insanlığa yönelik dengesiz N ve P kullanımının bilinen küresel riskleriyle yüzleşmekte etkisiz

kalmışlardır. Son zamanlarda aşırı gübre kullanımına bağlı olarak N ve P döngülerindeki oran dengesizlikleri, iklim ve C-dönüşüm modellerine dahil edilmeye başlansa da bunların “koordineli bir uluslararası politika” ve küresel değişim forumu tarafından ele alınması gerekmektedir. Ayrıca, küresel biyoçeşitliliğe yönelik tehditleri önlemek ve azaltmak için, daha ciddi koruma çabalarına ihtiyaç duyulacak ve tarımsal uygulamalardaki değişiklikler, tarımsal ticaretin artması ve arazi kullanım planlamasının iyileştirilmesi gibi proaktif politikalar da gerekli olacaktır. Ayrıca, rejeneratif tarım ile, çiftliklerdeki toprak biyolojisini, organik maddeyi ve biyolojik çeşitliliği teşvik ederek böcek ilacı ve gübre gibi daha az maliyetli girdiye ihtiyaç duyulacağı ve haşere popülasyonlarını daha etkili bir şekilde yönetilebileceği gibi, çok türlü örtü bitkilerinin uygulanması ve dönüşümlü otlatma veya hayvancılık yöntemlerinin kullanılmasını içeren yeni yönetim uygulamaları yoluyla da biyolojik çeşitlilik desteklenebilecektir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Alignier, A., Solé-Senan, X. O., Robleño, I., Baraibar, B., Fahrig, L., Giralt, D., ... & Batáry, P. (2020). Configurational crop heterogeneity increases within-field plant diversity. *Journal of Applied Ecology*, 57(4), 654-663.
- Andrade, D., Pasini, F., & Scarano, F. R. (2020). Syntropy and innovation in agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 45, 20-24.
- Álvaro-Fuentes, J., Arrúe, J. L., Cantero-Martínez, C., Isla, R., Plaza-Bonilla, D., & Quílez, D. (2016). Fertilization Scenarios in Sprinkler-Irrigated Corn under Mediterranean Conditions: Effects on Greenhouse Gas Emissions. *Soil Science Society of America Journal*, 80(3), 662-671.
- Banwart, S., Black, H., Cai, Z., Gicheru, P., Joosten, H., Victoria, R., ... & Montanarella, L. (2014). Benefits of soil carbon: report on the outcomes of an international scientific committee on problems of the environment rapid assessment workshop. *Carbon Management*, 5(2), 185-192.
- Baveye, P. C., Baveye, J., & Gowdy, J. (2016). Soil “ecosystem” services and natural capital: critical appraisal of research on uncertain ground. *Frontiers in Environmental Science*, 4, 41.
- Bennett, A. J., Bending, G. D., Chandler, D., Hilton, S., & Mills, P. (2012). Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological reviews*, 87(1), 52-71.
- Baudron, F., & Giller, K. E. (2014). Agriculture and nature: trouble and strife?. *Biological Conservation*, 170, 232-245.
- Bergstrom, D. W., Tenuta, M., & Beauchamp, E. G. (1994). Increase in nitrous oxide production in soil induced by ammonium and organic carbon. *Biology and fertility of soils*, 18, 1-6.
- Birkhofer, K., Diehl, E., Andersson, J., Ekroos, J., Früh-Müller, A., Machnikowski, F., ... & Smith, H. G. (2015). Ecosystem services—current challenges and opportunities for ecological research. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2, 87.
- Bobbink, R., Hicks, K., Galloway, J., Spranger, T., Alkemade, R., Ashmore, M., ... & De Vries, W. (2010). Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological applications*, 20(1), 30-59.
- Bosem Baillod, A., Tscharntke, T., Clough, Y., & Batáry, P. (2017). Landscape-scale interactions of spatial and temporal cropland heterogeneity drive biological control of cereal aphids. *Journal of Applied Ecology*, 54(6), 1804-1813.
- Brown, Gabe. *Dirt to soil: One family's journey into regenerative agriculture*. Chelsea Green Publishing, 2018.
- Burford, J. R., & Bremner, J. M. (1975). Relationships between the denitrification capacities of soils and total, water-soluble and readily decomposable soil organic matter. *Soil biology and biochemistry*, 7(6), 389-394.

- Byrnes, R. C., Eastburn, D. J., Tate, K. W., & Roche, L. M. (2018). A global meta-analysis of grazing impacts on soil health indicators. *Journal of environmental quality*, 47(4), 758-765.
- Carpenter-Boggs, L., Reganold, J. P., & Kennedy, A. C. (2000). Effects of biodynamic preparations on compost development. *Biological agriculture & horticulture*, 17(4), 313-328.
- Ceulemans, T., Merckx, R., Hens, M., & Honnay, O. (2013). Plant species loss from European semi-natural grasslands following nutrient enrichment—is it nitrogen or is it phosphorus? *Global Ecology and Biogeography*, 22(1), 73-82.
- Ceulemans, T., Stevens, C. J., Duchateau, L., Jacquemyn, H., Gowing, D. J., Merckx, R., . . . Bobbink, R. (2014). Soil phosphorus constrains biodiversity across European grasslands. *Global Change Biology*, 20(12), 3814-3822.
- Clara, L., Fatma, R., Viridiana, A., & Liesl, W. (2017). Soil organic carbon: the hidden potential. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Clough, Y., Kirchweger, S., & Kantelhardt, J. (2020). Field sizes and the future of farmland biodiversity in European landscapes. *Conservation letters*, 13(6), e12752.
- Conant, R. T., Paustian, K., & Elliott, E. T. (2001). Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecological applications*, 11(2), 343-355.
- Conley, D. J., Paerl, H. W., Howarth, R. W., Boesch, D. F., Seitzinger, S. P., Havens, K. E., ... & Likens, G. E. (2009). Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. *Science*, 323(5917), 1014-1015.
- De Schrijver, A., De Frenne, P., Ampoorter, E., Van Nevel, L., Demey, A., Wuyts, K., & Verheyen, K. (2011). Cumulative nitrogen input drives species loss in terrestrial ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 20(6), 803-816.
- Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321(5891), 926-929.
- Díaz-Solís, H., Grant, W. E., Kothmann, M. M., Teague, W. R., & Díaz-García, J. A. (2009). Adaptive management of stocking rates to reduce effects of drought on cow-calf production systems in semi-arid rangelands. *Agricultural Systems*, 100(1-3), 43-50.
- Edenhofer, O. (2015). *Climate change 2014: mitigation of climate change* (Vol. 3): Cambridge University Press.
- Ellis, E. C., Beusen, A. H., & Klein Goldewijk, K. (2020). Anthropogenic biomes: 10,000 BCE to 2015 CE. *Land*, 9(5), 129.
- Elser, J., & Bennet, E. (2011). A broken biogeochemical cycle. *Nature*, 478(7367), 29-31.
- Fließbach, A., Oberholzer, H. R., Gunst, L., & Mäder, P. (2007). Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1-4), 273-284.

- Fan, K., Delgado-Baquerizo, M., Guo, X., Wang, D., Zhu, Y. G., & Chu, H. (2021). Biodiversity of key-stone phylotypes determines crop production in a 4-decade fertilization experiment. *The ISME Journal*, 15(2), 550-561.
- Farooq, M., & Siddique, K. H. (2015). Conservation agriculture: concepts, brief history, and impacts on agricultural systems (pp. 3-17). Springer International Publishing.
- Follett, R. F., Stewart, C. E., Bradford, J., Pruessner, E. G., Sims, P. L., & Vigil, M. F. (2020). Long-term pasture management impacts on eolian sand soils in the southern mixed-grass prairie. *Quaternary International*, 565, 84-93.
- Fujita, Y., Venterink, H. O., Van Bodegom, P. M., Douma, J. C., Heil, G. W., Hölzel, N., ... & Wassen, M. J. (2014). Low investment in sexual reproduction threatens plants adapted to phosphorus limitation. *Nature*, 505(7481), 82-86.
- Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erisman, J. W., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J. R., ... & Sutton, M. A. (2008). Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, 320(5878), 889-892.
- Giller, K. E., Andersson, J. A., Corbeels, M., Kirkegaard, J., Mortensen, D., Erenstein, O., & Vanlauwe, B. (2015). Beyond conservation agriculture. *Frontiers in plant science*, 6, 870.
- Granato, D., de Magalhães Carrapeiro, M., Fogliano, V., & van Ruth, S. M. (2016). Effects of geographical origin, varietal and farming system on the chemical composition and functional properties of purple grape juices: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 52, 31-48.
- Harpole, W. S., Ngai, J. T., Cleland, E. E., Seabloom, E. W., Borer, E. T., Bracken, M. E., ... & Smith, J. E. (2011). Nutrient co-limitation of primary producer communities. *Ecology letters*, 14(9), 852-862.
- Hass, A. L., Kormann, U. G., Tschardtke, T., Clough, Y., Baillod, A. B., Sirami, C., ... & Batáry, P. (2018). Landscape configurational heterogeneity by small-scale agriculture, not crop diversity, maintains pollinators and plant reproduction in western Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1872), 20172242.
- Harwood, R. R. (1983). International overview of regenerative agriculture. Rodale Research Center.
- IPCC, A. (2013). Climate change 2013: the physical science basis. *Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, 1535.
- Jwaideh, M. A., Sutanudjaja, E. H., & Dalin, C. (2022). Global impacts of nitrogen and phosphorus fertiliser use for major crops on aquatic biodiversity. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 27(8), 1058-1080.
- Kaye, J. P., & Quemada, M. (2017). Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agronomy for sustainable development*, 37, 1-17.
- Keddy, P., Twolan-Strutt, L., & Shipley, B. (1997). Experimental evidence that interspecific competitive asymmetry increases with soil productivity. *Oikos*, 253-256.

- Kocaman, A., Turan, M., Tüfenkçi, Ş., Katırcıoğlu, H., Güneş, A., Kıtır, N., ... & Yıldırım, E. (2023). Development of plant-friendly vermicompost using novel biotechnological methods. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 1-12.
- LaCanne, C. E., & Lundgren, J. G. (2018). Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. *PeerJ*, 6, e4428.
- Landis, D. A. (2017). Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic and Applied Ecology*, 18, 1-12.
- Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Anglade, J., & Garnier, J. (2014). 50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland. *Environmental Research Letters*, 9(10), 105011.
- Lehmann, J., Cowie, A., Masiello, C. A., Kammann, C., Woolf, D., Amonette, J. E., ... & Whitman, T. (2021). Biochar in climate change mitigation. *Nature Geoscience*, 14(12), 883-892.
- Lichtenberg, E. M., Kennedy, C. M., Kremen, C., Batary, P., Berendse, F., Bommarco, R., ... Williams, N. M. (2017). A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. *Global Change Biology*, 23(11), 4946-4957.
- Liu, T., Chen, X., Hu, F., Ran, W., Shen, Q., Li, H., & Whalen, J. K. (2016). Carbon-rich organic fertilizers to increase soil biodiversity: Evidence from a meta-analysis of nematode communities. *Agriculture, ecosystems & environment*, 232, 199-207.
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296(5573), 1694-1697.
- Maskell, L. C., Smart, S. M., Bullock, J. M., Thompson, K. E. N., & Stevens, C. J. (2010). Nitrogen deposition causes widespread loss of species richness in British habitats. *Global Change Biology*, 16(2), 671-679.
- Micks, P., Aber, J. D., Boone, R. D., & Davidson, E. A. (2004). Short-term soil respiration and nitrogen immobilization response to nitrogen applications in control and nitrogen-enriched temperate forests. *Forest Ecology and Management*, 196(1), 57-70.
- Milne, E., Banwart, S. A., Noellemeyer, E., Abson, D. J., Ballabio, C., Bampa, F., ... & Zheng, J. (2015). Soil carbon, multiple benefits. *Environmental Development*, 13, 33-38.
- Mollison, B. (1988). *Permaculture: a designer's manual*. Permaculture: a designer's manual.
- Montoya, D., Gaba, S., de Mazancourt, C., Bretagnolle, V., & Loreau, M. (2020). Reconciling biodiversity conservation, food production and farmers' demand in agricultural landscapes. *Ecological modelling*, 416, 108889.
- Morari, F., Vellidis, G., & Paige, G. (2011). Fertilizer. In *Encyclopedia of environmental health* (pp. 727-737). ELSEVIER Inc.
- Mosier, A. R., Halvorson, A. D., Reule, C. A., & Liu, X. J. (2006). Net global warming potential and greenhouse gas intensity in irrigated cropping systems in northeastern Colorado. *Journal of environmental quality*, 35(4), 1584-1598.

- Muhie, S. H. (2023). Concepts, principles, and application of biodynamic farming: a review. *Circular Economy and Sustainability*, 3(1), 291-304.
- Newbold, T., Hudson, L. N., Arnell, A. P., Contu, S., De Palma, A., Ferrier, S., ... Phillips, H. R. (2016). Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science*, 353(6296), 288-291.
- Newton, P., Civita, N., Frankel-Goldwater, L., Bartel, K., & Johns, C. (2020). What is regenerative agriculture? A review of scholar and practitioner definitions based on processes and outcomes. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 577723.
- Ning, D., Qin, A., Duan, A., Xiao, J., Zhang, J., Liu, Z., ... & Liu, Z. (2019). Deficit irrigation combined with reduced N-fertilizer rate can mitigate the high nitrous oxide emissions from Chinese drip-fertigated maize field. *Global Ecology and Conservation*, 20, e00803.
- Niu, S., Wu, M., Han, Y., Xia, J., Zhang, Z., Yang, H., & Wan, S. (2010). Nitrogen effects on net ecosystem carbon exchange in a temperate steppe. *Global Change Biology*, 16(1), 144-155.
- Nordin, A., Strengbom, J., Witzell, J., Näsholm, T., & Ericson, L. (2005). Nitrogen deposition and the biodiversity of boreal forests: implications for the nitrogen critical load. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 34(1), 20-24.
- O'Donoghue, T., Minasny, B., & McBratney, A. (2022). Regenerative agriculture and its potential to improve farmscape function. *Sustainability*, 14(10), 5815.
- Patel, R. S. (2021). Biodynamic agriculture: a form of alternative agriculture. *Agriculture & food: e-newsletter*.
- Plaza-Bonilla, D., Cantero-Martínez, C., Bareche, J., Arrúe, J. L., & Álvaro-Fuentes, J. (2014). Soil carbon dioxide and methane fluxes as affected by tillage and N fertilization in dryland conditions. *Plant and Soil*, 381, 111-130.
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.
- Redlich, S., Martin, E. A., & Steffan-Dewenter, I. (2018). Landscape-level crop diversity benefits biological pest control. *Journal of Applied Ecology*, 55(5), 2419-2428.
- Reeve, J. R., Carpenter-Boggs, L., Reganold, J. P., York, A. L., McGourty, G., & McCloskey, L. P. (2005). Soil and winegrape quality in biodynamically and organically managed vineyards. *American journal of enology and viticulture*, 56(4), 367-376.
- Ren, Z., Li, Q., Chu, C., Zhao, L., Zhang, J., Ai, D., ... & Wang, G. (2010). Effects of resource additions on species richness and ANPP in an alpine meadow community. *Journal of Plant Ecology*, 3(1), 25-31.
- Robertson, G. P., Paul, E. A., & Harwood, R. R. (2000). Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science*, 289(5486), 1922-1925.

- Rosa-Schleich, J., Loos, J., Mußhoff, O., & Tschardtke, T. (2019). Ecological-economic trade-offs of diversified farming systems—a review. *Ecological Economics*, 160, 251-263.
- Rundlöf, M., Persson, A. S., Smith, H. G., & Bommarco, R. (2014). Late-season mass-flowering red clover increases bumble bee queen and male densities. *Biological Conservation*, 172, 138-145.
- Santoni, M., Ferretti, L., Migliorini, P., Vazzana, C., & Pacini, G. C. (2022). A review of scientific research on biodynamic agriculture. *Organic Agriculture*, 12(3), 373-396.
- Schellhorn, N. A., Gagic, V., & Bommarco, R. (2015). Time will tell: resource continuity bolsters ecosystem services. *Trends in ecology & evolution*, 30(9), 524-530.
- Schellhorn, N. A., Macfadyen, S., Bianchi, F. J., Williams, D. G., & Zalucki, M. P. (2008). Managing ecosystem services in broadacre landscapes: what are the appropriate spatial scales?. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(12), 1549-1559.
- Schreefel, L., Schulte, R. P., De Boer, I. J. M., Schrijver, A. P., & Van Zanten, H. H. E. (2020). Regenerative agriculture—the soil is the base. *Global Food Security*, 26, 100404.
- Schindler, D. W., Hecky, R. E., Findlay, D. L., Stainton, M. P., Parker, B. R., Paterson, M. J., ... & Kasian, S. (2008). Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: results of a 37-year whole-ecosystem experiment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(32), 11254-11258.
- Schippers, P., & Joenje, W. (2002). Modelling the effect of fertiliser, mowing, disturbance and width on the biodiversity of plant communities of field boundaries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1-3), 351-365.
- Seó, H. L., Machado Filho, L. C., & Brugnara, D. (2017). Rationally managed pastures stock more carbon than no-tillage fields. *Frontiers in Environmental Science*, 5, 87.
- Shcherbak, I., Millar, N., & Robertson, G. P. (2014). Global metaanalysis of the nonlinear response of soil nitrous oxide (N₂O) emissions to fertilizer nitrogen. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(25), 9199-9204.
- Sirami, C., Gross, N., Baillod, A. B., Bertrand, C., Carrié, R., Hass, A., ... & Fahrig, L. (2019). Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(33), 16442-16447.
- Song, X., Liu, M., Ju, X., Gao, B., Su, F., Chen, X., & Rees, R. M. (2018). Nitrous oxide emissions increase exponentially when optimum nitrogen fertilizer rates are exceeded in the North China Plain. *Environmental science & technology*, 52(21), 12504-12513.
- Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T. C., Kremen, C., Van Der Heijden, M. G., Liebman, M., & Hallin, S. (2020). Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science advances*, 6(45), eaba1715.
- Teague, R., Provenza, F., Norton, B., Steffens, T., Barnes, M., Kothmann, M., & Roath, R. (2008). Benefits of multi-paddock grazing management on rangelands: limitations of experimental grazing research and knowledge gaps. *Grasslands: ecology, management and restoration*. Hauppauge, NY, USA: Nova Science Publishers, 41-80.

- Thilakarathna, S. K., Hernandez-Ramirez, G., Puurveen, D., Kryzanowski, L., Lohstraeter, G., Powers, L. A., ... & Tenuta, M. (2020). Nitrous oxide emissions and nitrogen use efficiency in wheat: Nitrogen fertilization timing and formulation, soil nitrogen, and weather effects. *Soil Science Society of America Journal*, 84(6), 1910-1927.
- Tilman, D., Clark, M., Williams, D. R., Kimmel, K., Polasky, S., & Packer, C. (2017). Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature*, 546(7656), 73-81.
- Trost, B., Prochnow, A., Meyer-Aurich, A., Drastig, K., Baumecker, M., & Ellmer, F. (2016). Effects of irrigation and nitrogen fertilization on the greenhouse gas emissions of a cropping system on a sandy soil in northeast Germany. *European Journal of Agronomy*, 81, 117-128.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T. C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., ... & Whitbread, A. (2012). Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological conservation*, 151(1), 53-59.
- Tscharntke, T., Grass, I., Wanger, T. C., Westphal, C., & Batáry, P. (2021). Beyond organic farming—harnessing biodiversity-friendly landscapes. *Trends in ecology & evolution*, 36(10), 919-930.
- URL-1: <https://ourworldindata.org/excess-fertilizer>
- URL-2: <https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics>
- van der Wal, A., & De Boer, W. (2017). Dinner in the dark: illuminating drivers of soil organic matter decomposition. *Soil Biology and Biochemistry*, 105, 45-48.
- Wassen, M. J., Venterink, H. O., Lapshina, E. D., & Tanneberger, F. (2005). Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature*, 437(7058), 547-550.
- West, P. C., Gerber, J. S., Engstrom, P. M., Mueller, N. D., Brauman, K. A., Carlson, K. M., . . . Ray, D. K. (2014). Leverage points for improving global food security and the environment. *Science*, 345(6194), 325- 328.
- Westphal, C., Steffan-Dewenter, I., & Tscharntke, T. (2009). Mass flowering oilseed rape improves early colony growth but not sexual reproduction of bumblebees. *Journal of Applied Ecology*, 46(1), 187-193.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for sustainable development*, 29, 503-515.
- White, C. (2020). Why regenerative agriculture?. *American Journal of Economics and Sociology*, 79(3), 799-812.
- Wilson, G. A. (2007). Multifunctional agriculture: a transition theory perspective. *Cabi*.
- Yao, Z., Zheng, X., Dong, H., Wang, R., Mei, B., & Zhu, J. (2012). A 3-year record of N₂O and CH₄ emissions from a sandy loam paddy during rice seasons as affected by different nitrogen application rates. *Agriculture, ecosystems & environment*, 152, 1-9.

Yazarlar Hakkında / About Authors

Prof. Dr. Metin TURAN | Yeditepe Üniversitesi |

metin.turan[at]yeditepe.edu.tr | ORCID:0000-0002-4849-7680

Metin Turan 1972 yılında Erzurum doğumludur. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurumda tamamlamıştır. 1993 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak bölümünden mezun olup, asistan olarak göreve başlamıştır. 1997 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans ve 2002 Doktora, 2005 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde Doçent ve 2010 yılında da Profesör ünvanını almıştır. 2011 yılında Yeditepe Üniversitesi Genetik ve Biyomühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak göreve başlamış, 2019 yılında Yeditepe Üniversitesi Tarım Ticareti Bölümünde Bölüm başkanı olarak görevine devam etmiş ve halen bu Bölümde Bölüm başkanı olarak görevine devam etmektedir.

Prof. Dr. Metin TURAN | Yeditepe University |

metin.turan[at]yeditepe.edu.tr | ORCID:0000-0002-4849-7680

Metin Turan was born in Erzurum in 1972. He completed his primary, secondary and high school education in Erzurum. He graduated from Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Soil in 1993 and started working as an assistant. He received his master's degree from Atatürk University Faculty of Agriculture, Institute of Science and Technology in 1997 and his doctorate in 2002. He received the title of Associate Professor at Atatürk University Faculty of Agriculture, Department of Soil in 2005 and Professor in 2010. He started working as a faculty member in the Department of Genetics and Bioengineering at Yeditepe University in 2011, and continued to work as the head of the Department of Agricultural Commerce at Yeditepe University in 2019, and he still continues to serve as the head of the Department in this Department.

Doç. Dr. Ayhan KOCAMAN | Karabük Üniversitesi |
ayhankocaman[at]karabuk.edu.tr | ORCID: 0000-0002-1597-7936

Ayhan Kocaman 1975 yılında Erzurum merkez doğumludur. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamlamıştır. 2000 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak bölümünden mezun olup, aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 19998 yılında Türk Hava Yolları Erzurum ofisinde göreve başlamıştır. 2009-2019 yıllarında Türk Hava Yollarının farklı yurt dışı noktalarında Yurt dışı müdürü olarak görev almıştır. 2009 yılında Doktora öğrenimini Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamlamıştır. 2019 yılından itibaren Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre mühendisliğinde öğretim üyesi olarak görevine devam etmektedir. Çalışma alanları Ekoloji, toprak ve su kirliliği, yenileyici tarım yöntemleri, bitki besleme konularındadır.

Assoc. Prof. Ayhan KOCAMAN | Karabük University |
ayhankocaman[at]karabuk.edu.tr | ORCID: 0000-0002-1597-7936

Ayhan Kocaman was born in 1975 in the centre of Erzurum. He completed his primary, secondary and high school education in Erzurum. He graduated from Atatürk University Faculty of Agriculture, Department of Soil Science in 2000 and started his master's program at Atatürk University Institute of Science and Technology in the same year. He started working at Turkish Airlines Erzurum office in 1998. Between 2009 and 2019, he worked as General Manager of Turkish Airlines in various international locations. He completed his doctoral studies at Atatürk University, Institute of Science and Technology in 2009. Since 2019, he has been working at Karabük University, Faculty of Engineering, Environmental Engineering. His research areas are ecology, soil and water pollution, regenerative agriculture methods and plant nutrition.



HATALI PESTİSİT KULLANIMI VE BİYOÇEŞİTLİLİK KAYBI

MISUSE OF PESTICIDES AND BIODIVERSITY LOSS

Ramazan CANHİLAL
Ebubekir YÜKSEL

HATALI PESTİSİT KULLANIMI VE BİYOÇEŞİTLİLİK KAYBI

Ramazan CANHİLAL, Ebubekir YÜKSEL
Erciyes Üniversitesi

Özet

Pestisitler, tarımsal üretimin verimliliğini ve karlılığını doğrudan etkileyen en önemli girdiler içerisinde yer almaktadır ve yüzyıla yakın bir süredir Dünya'nın çeşitli tarımsal alanlarında tarımsal hastalık ve zararlılara karşı yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Pestisitlerin gelişi güzel kullanımının canlı ve cansız çevre üzerinde meydana getirdiği olumsuzluklar birçok araştırmanın konusu olmuş ve hatalı pestisit kullanımı küresel ölçekte seyreden biyoçeşitlilik kaybının en önemli nedenleri arasında gösterilmiştir. Dünya Doğayı Koruma Vakfı (World Wide Fund for Nature, WWF)'nin 2020 yılı Yaşayan Gezegen Raporu, son 50 yılda kuşlar, amfibiler, memeliler, balıklar ve sürüngenlerin popülasyonlarında %68'lik bir azalma meydana geldiğini bildirmektedir. Hatalı ve yoğun pestisit kullanımının agroekosistemlerde bulunan özellikle arı ve diğer tozlayıcı böcekleri, eklembacaklıları, kuşları, toprak solucanlarını olumsuz etkilediği bilinmektedir. Bununla beraber farklı ekosistemlerde biyoakümülyasyon ve besin zinciri yoluyla daha pek çok canlı, pestisitlere maruz kalmakta ve doğal denge bozulmaktadır. Biyoçeşitlilikte görülen küresel kayıplar ve popülasyon düşüşleri, pestisitlere alternatif sürdürülebilir mücadele yöntemlerinin artık bir tercih değil zorunluluk haline geldiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler

Pestisit, Kalıntı, Biyoçeşitlilik, Sürdürülebilir tarım

MISUSE OF PESTICIDES AND BIODIVERSITY LOSS

Ramazan CANHİLAL, Ebubekir YÜKSEL
Erciyes University

Abstract

Pesticides are among the most significant inputs that directly affect the efficiency and profitability of agricultural production and have been extensively employed for almost a century against agricultural diseases and pests in various areas of the world. The negative impacts of indiscriminate use of pesticides on the living and non-living environment have been the subject of many studies and improper use of pesticides has been implicated in the primary drivers of global biodiversity loss. Living Planet Report 2020 released by the World Wide Fund for Nature (WWF) has indicated that a 68% drop occurred in the population of mammals, birds, amphibians, reptiles, and fish in the last 50 years. It is a well-known fact that improper and excessive use of pesticides have negative impacts, particularly on birds, earthworms, arthropods, bees, and other pollinating insects in agroecosystems. In addition, many more creatures are exposed to pesticides in different ecosystems through bioaccumulation and the food chain, and the natural balance is disrupted. Global losses in biodiversity and population declines indicate that alternative sustainable control methods to pesticides have become a necessity, not a choice anymore.

Keywords

Pesticide, Residue, Biodiversity, Sustainable agriculture

1. GİRİŞ

Tarımsal üretimde karlılığı belirleyen en önemli unsurlardan bir tanesi, yetiştiricilik sırasında karşılaşılan ve tarımsal üretimde kalite ve verim kayıplarına neden olan tarımsal hastalık ve zararlılara karşı doğru bitki koruma stratejilerinin benimsenmesi ve uygulanmasıdır. Günümüzde tarımsal hastalık ve zararlılara karşı kullanılan fiziksel, biyoteknik, biyolojik ve kimyasal mücadele gibi çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Sürdürebilir ve mücadele başarısı en yüksek olan mücadele yöntemi ise hedef hastalık ve zararlılara karşı bütün mücadele yöntemlerinin bir arada kullanıldığı Entegre Mücadele yöntemidir. Fakat hem dünyada hem de ülkemizde yetiştiricilerin büyük bir çoğunluğu kimyasal mücadele yöntemini, hızlı etki göstermesi ve uygulamasının kolay olması gibi nedenlerden dolayı tarımsal hastalık ve zararlılara karşı mücadelede daha çok tercih etmektedir (Sabzevari & Hofman, 2022). Öyle ki, Gıda ve Tarım Örgütü (GTÖ) 2000 yılında Dünya’da 2,06 kg/hektar olan ortalama pestisit kullanım miktarını 2018 yılında 2,66 kg/hektar olarak hesaplamıştır (GTÖ, 2022).

Ülkemizde yoğun pestisit kullanılarak gerçekleştirilen tarımsal üretim maalesef tarımsal ürünlerin ihracatında da bir takım sorunlara yol açmaktadır. Gıda ve Yem için Hızlı Alarm Sistemi (RASFF), Avrupa Komisyonu tarafından geliştirilmiş, Avrupa Birliği (AB) üye ülkelerin gıda güvenliği ile ilgili bilgileri hızlı bir şekilde diğer üye ülkelere bildirmek ve veri tabanı oluşturmak amacıyla kurulan bir sistemdir (Canımoğlu vd., 2022). Ülkemizden yurt dışına ihraç edilen tarımsal ürünlerin özellikle de yaş meyve ve sebzelerin büyük bir çoğunluğu her yıl tarımsal ürünlerde bulunması izin verilen kabul edilebilir pestisit miktarının aşılması nedeniyle ülkemizdeki üretici firmalara geri iade edilmekte ve ülkemizin bu alandaki güvenilirliği zedelenmektedir (Canımoğlu vd., 2022).

Tarımsal üretim alanlarında giderek artan pestisit kullanım miktarı ve pestisitlerin hatalı kullanımı birçok çevre ve sağlık sorununu da beraberinde getirmektedir (Singh vd., 2022). Pestisitlerin çevre üzerindeki zararlı etkileri ilk olarak Rachel Carson tarafından 1962 yılında yazılan “Sessiz Bahar (Silent Spring)” adlı kitapta dile getirilerek hatalı ve yoğun pestisit kullanımının kuşlar ve balıklar gibi hedef alınmayan canlılar üzerindeki olumsuz etkileri irdelenmiş ve bu kitap tüm dünyada çevre bilincinin oluşmasına önemli katkılar sağlamıştır. Daha sonra DDT (dikloro-difenil-trikloroetan) gibi biyolojik çeşitliliği tehdit eden pestisitler, dünyada birçok ülkede yasaklanmaya başlanmıştır. İnsanlarda çevre bilincinin oluşması ve biyolojik çeşitliliğin endişe verici boyutlara ulaşmasıyla, 1992’de Brezilya’nın Rio kentinde Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi’nde Birleşmiş Milletler tarafından biyolojik çeşitliliğin korunmasına yönelik bir sözleşme imzalanmış ve 1993’te yürürlüğe girmiştir. Türkiye, bu sözleşmeye 1996 yılında taraf olarak biyoçeşitliliğin korunmasına yönelik çalışmalara hız kazandırmıştır. Ancak, tarımsal üreticilerin pestisitleri tarımsal hastalık ve zararlılarla mücadelede tek çare olarak görmesi ve yeterince bilinçlendirilmemesi nedeniyle hatalı pestisit uygulamaları dünyanın birçok bölgesinde halen devam etmektedir.

Yapılan çalışmalar, pestisit uygulamalarının %0,1'nin hedef zararlıya ulaştığını ve geriye kalan pestisit uygulamalarının %99,9'luk kısmına ise uygulama yapılan tarımsal alanlarda ve çevresinde bulunan ve hedef alınmayan organizmaların maruz kaldığını göstermektedir (Pimentel, 1995). Ayrıca pestisit uygulaması yapılan alanlarda, söz konusu pestisitlere ait aktif maddeler ve bunların parçalanma ürünleri havaya, toprağa, yer üstü ve yer altı sularına bulaşarak çevre kirliliği oluşturmakta ve bu ekosistemlerde yaşayan canlıları tehdit etmektedir. Yaşayan Gezegen Raporu'nun 2022 yılı verilerine göre son 50 yılda dünya genelinde takip edilen türlerin popülasyonlarında %69 oranında bir düşüş gerçekleştiği ve en büyük düşüşün %83 ile en çok tatlı su habitatlarında görüldüğü bildirilmektedir. Dünyada her yıl pestisit uygulaması yapılan yaklaşık 1,5 milyar hektar tarım alanı bulunduğu ve pestisitlerin yeryüzünde geniş bir sirkülasyona sahip olduğu düşünüldüğünde aşırı ve hatalı pestisit kullanımının bu düşüşte önemli bir paya sahip olduğu yadsınamaz bir gerçektir (GTÖ, 2023). Bu derleme çalışmasında hatalı pestisit kullanımının biyoçeşitlilik üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. TARIMSAL ÜRETİM VE BİYOÇEŞİTLİLİK

Biyolojik çeşitlilik ya da biyoçeşitlilik herhangi bir coğrafi bölgede yer alan bir ekosistem içerisinde bulunan makro ve mikro organizmaların çeşitliliği olarak tanımlanabilir. Ekosisteme bağlı olarak biyoçeşitlilik farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle farklı ekosistemlerden oluşan bir bölgede biyoçeşitliliğin daha yüksek olması beklenir (Tilman vd., 2014). Tarımsal üretim açısından bakıldığında biyoçeşitliliğin bir takım avantajlarla beraber dezavantajları da beraberinde getirdiği bu nedenle biyoçeşitliliğe bir müdahale olduğu söylenebilir. Örneğin, tarımsal üretim yapılan alanlarda yetiştiriciliği yapılan kültür bitkisi ya da bitkileri dışındaki bitkiler, yabancı ot olarak görülür ve kültür bitkileri ile rekabete girmemesi için elemine edilir. Bu durum, söz konusu yabancı otlar ile etkileşim içerisinde olan diğer canlıların varlığını da kısıtlamaktadır. Yabancı otların o bölgede baskılanması, kültür bitkilerinin topraktan besin maddelerinin alınımında rekabete girmemesi anlamına gelir. Ancak diğer yandan yabancı otların o bölgeye çektiği tozlayıcı böceklerin ve tarımsal zararlılarla beslenen faydalı böceklerin sayısında da bir düşüşe neden olur (Médiène vd., 2011). Bazı araştırma sonuçları, bozulmamış, zengin bir biyoçeşitliliğe sahip bir tarımsal ekosistemin, genellikle biyoçeşitliliğini kaybetmiş monokültür yapılan tarımsal alanlara göre daha iyi verim parametrelerine sahip olabileceğini gösterse de pratikte bunu başarmak oldukça güçtür (Chapin vd., 2002). Polikültür tarımsal üretim yapılan alanlarda, monokültür tarımsal üretim yapılan alanlara göre daha çok iş gücü ve tarımsal girdiye ihtiyaç duyulmaktadır.

Doğal ekosistemler içerisinde biyoçeşitliliğin bir parçası olarak görülen fitopatojenler, yabancı otlar ve zararlı arthropodlar, tarımsal üretim alanlarında her yıl %26 ila 40 arasında ürün kaybına neden olmaktadır (OECD/GTÖ, 2012). Bu nedenle, bu mikro ve

makro organizmalar, kârlı bir tarımsal üretim gerçekleştirilebilmesi için mücadele edilerek popülasyonlarının baskılanması gereken organizmalardır. Ancak mücadele yöntemlerinin tercihi ve hatalı uygulanmasından kaynaklanan sorunlar, hem tarımsal üretim alanlarında hem de çevresindeki biyoçeşitliliği önemli ölçüde tehdit etmektedir.

Her ne kadar tarımsal hastalık, zararlı ve yabancı otların popülasyonlarını kontrol altına almak için kullanılabilecek çeşitli mücadele yöntemleri olsa da, üreticilerin büyük bir kısmı tarımsal üretimde en son çare olarak önerilen kimyasal mücadeleyi ilk sırada tercih etmektedir. Günümüzde “Pestisit” olarak ifade edilen tarım ilaçları, uygulamasının kolay olması ve hızlı etki göstermesi gibi nedenlerle birçok üretici tarafından diğer mücadele yöntemleri göz ardı edilerek tarımsal yetiştiricilik alanlarında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. 1939 yılında çok güçlü bir sentetik böcek öldürücü (insektisit) olan DDT (dikloro difenil trikloroetan)’nin keşfi ile başlayan bu süreç günümüzde çeşitli hastalık ve zararlılara karşı kullanılan 1000’in üzerinde pestisit ile halen devam etmektedir. Şüphesiz, pestisitler, tarımsal üretimde verim ve kalitenin artırılmasında büyük bir öneme sahiptir. Araştırmalar, dünya genelinde pestisit kullanılmadığı takdirde meyve üretiminde %78, sebze üretiminde %54 ve tahıl üretiminde %32 kayıp yaşanacağını göstermektedir (Tudi vd., 2021). Ancak, diğer mücadele yöntemlerine tarımsal hastalık ve zararlılarla mücadele de daha çok yer verilerek pestisit kullanımının azaltılması, sadece gerekli görüldüğü takdirde ve önerilen uygulama şekli ve konsantrasyonlarda kullanılması gerekmektedir. Aksi takdirde, yoğun pestisit kullanımı tarımsal üretimin yakın gelecekte sürdürülebilir olmaktan çıkmasına neden olacaktır.

Tarımsal üretim sırasında ve pestisit uygulamalarında en çok yapılan ve doğada olumsuzluklara yol açan bazı hatalar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Tarımsal hastalık ve zararlılarla mücadelenin tamamen pestisitlerin kullanımıyla çözülmeye çalışılması ve geniş spektrumlu pestisitlerin çok sık uygulanması
- Pestisitlerin yetiştirme sezonu içerisinde kültür bitkilerinin ve çevresindeki yabancı bitkilerin çiçeklenme döneminde yapılması
- Bir yetiştirme sezonu içerisinde önerilen ilaçlama sayısının aşılması
- Uygulama yapılacak alanda ihtiyaç duyulan miktarın üstünde pestisit hazırlanması ve sonrasında ihtiyaç fazlası pestisitlerin doğaya salınması
- Pestisit uygulamasında kullanılan alet ve ekipmanların yanlış seçimi ve bakımsız olması
- Son ilaçlama ile hasat arasında geçmesi gereken hasat öncesi bekleme sürelerine uyulmaması
- Pestisitlerin tavsiye edilen dozların veya konsantrasyonların üzerinde uygulanması

- Karışım tabloları dikkate alınmadan birden fazla pestisit birbiri ile karıştırılması
- Uygun olmayan hava koşullarında (rüzgârlı ve yağışlı havalarda) pestisit uygulaması yapılması
- Pestisitlerin uygun olmayan depolama koşullarında ve ambalajlarda tutulması
- Pestisit ambalajlarının gereğince imha edilmemesi sonucu çevreye bulaşması

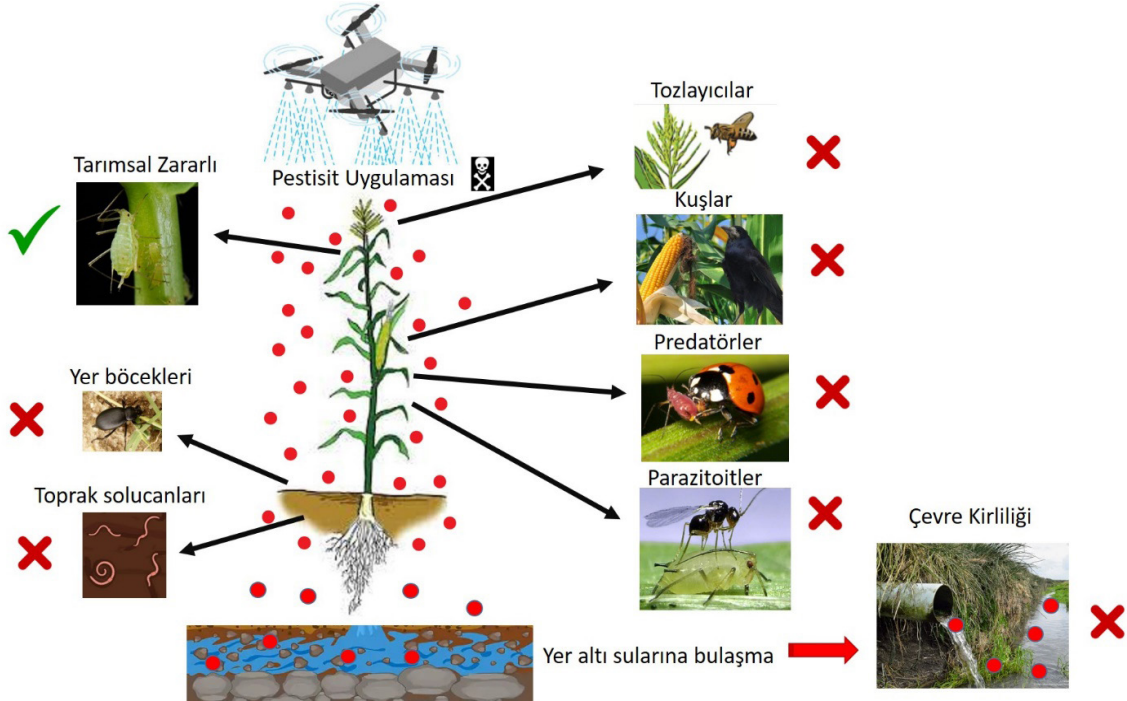
Böcek öldürücüler (insektisitler), kemirgen öldürücüler (rodentisitler), mantar öldürücüler (fungusitler) ve toksik herbisitler (yabancı ot öldürücüler) uygulama alanlarındaki hedef alınmayan canlı türlerinin doğrudan zehirlenmesine yol açar ve büyük popülasyon düşüşlerine neden olabilir. Diğer pestisitler besin zincirinde yavaş yavaş birikerek özellikle omurgalılar, memeliler veya kuşlar gibi üst düzey yırtıcılar için daha tehlikeli olabilmektedir. Hedef dışı canlılar (örneğin köpekler ve tilkiler) ve yırtıcı kuşlar genellikle kemirgen öldürücüler tarafından zehirlenen fareleri yiyerek 'ikincil zehirlenmeye' maruz kalırlar. Ayrıca pestisitler birçok tür için önemli besin kaynağı olan yabancı otların ve böceklerin popülasyonlarını düşürmekte ve bu canlılar üzerinde beslenen diğer canlıların nesli zamanla yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadır.

Bu durumun farkında olan Avrupa Birliği Komisyonu, 2023 yılında 2030 yılına kadar pestisit kullanımını yarı yarıya azaltmayı amaçlayan bir yasa tasarısı sunmuş ve komisyonun sunduğu tasarı reddedilmişti. Tasarı biyoçeşitliliğin tehlike altında olduğu hassas bölgelerde pestisit kullanımını tamamen yasaklanmasını ve pestisitlerin yerine daha sürdürülebilir düşük riskli alternatiflerin kullanılmasını içeriyordu. Ancak, başta Almanya, Fransa, İspanya, Hollanda, Belçika, Polonya, İtalya ve Macaristan olmak üzere üreticilerin büyük bir çoğunluğunun bu yasa tasarısına karşı çıkması ve traktörleriyle protestolar düzenleyerek geniş çaplı eylemlerde bulunması, Avrupa Birliği Komisyonu'nu geri adım atmak zorunda bıraktı. Bu durum, küresel boyutta üreticilerimizin sürdürülebilir tarıma geçişe hazır olmadığını göstermektedir. Ancak zamanın, doğal hayatın ve biyoçeşitliliğin aleyhine ilerliyor olması nedeniyle üreticilerin ve merkezi otoritelerin bu konuda daha cesur adımlar atarak hızlı önlemler alması gerekmektedir.

3. PESTİSİTLER VE BİYOÇEŞİTLİLİK ÜZERİNDEKİ BİLİNERİ ETKİLERİ

Tarımsal ürünlerin üretimi ve depolanması sırasında karşılaşılan ve tarımsal ürünlerde kalite ve verim kaybına neden olan mikro (Bakteri, fungus, nematod vb.) ve makro (Böcekler, akarlar, yabancı otlar vb.) zararlı organizmaları engellemek, kontrol altına almak ya da zararlarını en aza indirmek amacıyla kullanılan sentetik veya biyolojik kökenli kimyasal maddelerin tümüne pestisit adı verilmektedir (Özercan & Taşcı, 2022). Sentetik pestisitler, birçok canlı üzerinde değişen düzeylerde toksik etkilere sahip kimyasal maddelerdir. Pestisit kullanımı, her ne kadar tarımsal üretimde karlılığın sağlanması açısından oldukça önemli olsa da alternatif mücadele yöntemlerinin üreticiler tarafından yeterince bilinmemesi ya

da benimsenmemesi nedeniyle tarımsal üretim alanlarında hatalı ve yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu durum tarımsal ekosistemler içerisinde ve çevresinde yer alan ve faydalı olarak adlandırılan karasal ve sucul birçok organizmayı olumsuz etkilemektedir (Şekil 1). İsveç, Estonya, Hollanda, Fransa ve Almanya'nın da içerisinde bulunduğu Avrupa Birliği ülkelerinde yapılan bir çalışmada, buğday yetiştiriciliği yapılan alanlarda bitki, yer böcekleri olarak adlandırılan (Ground beetles) Carabidae familyasındaki böceklerde ve kuşlarda biyoçeşitliliğin önemli ölçüde düştüğü ve bu düşüşe bu alanlarda kullanılan pestisitlerin neden olduğu belirtilmektedir (Geiger vd., 2010). Almanya'da korunan doğal alanlarda yapılan ve 27 yıl süren bir çalışma sonucunda uçan böcek popülasyonlarında %76 oranında bir düşüş olduğu gözlemlenmiştir (Hallmann vd., 2017). Yapılan diğer çalışmalar ise pestisitlerin, diğer kimyasal kirleticilerle beraber dünya genelindeki böcek ve kuş popülasyonlarındaki düşüşün ana sebepleri arasında gösterilmektedir (Mineau & Whiteside, 2013; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). Pestisitler, canlıların vücutlarında zamanla birikebilen ve besin zinciri yoluyla birçok organizmaya ulaşabilen tehlikeli kimyasallardır. Günümüzde hala anne sütünde ve hiçbir tarımsal üretimin yapılmadığı kutuplarda DDT (Diklorodifenil trikloroetan) kalıntılarına rastlanması, pestisitlerin yeryüzünde ne denli bir sirkülasyona sahip olduğunu göstermektedir (Ashok Kumar vd., 2013). Pestisitler, biyoakümülyasyon yoluyla besin zincirinde diğer canlıların vücudunda birikerek toksik düzeylere ulaşabilmekte ve ekosistem içerisinde hedef alınmayan birçok canlıyı olumsuz etkilemektedir.



Şekil 1. Pestisit kullanımının çevre üzerindeki olumsuz etkileri.

3.1. Pestisitlerin Toprak Kökenli Organizmalara Etkisi

Toprak çok çeşitli mikro ve makro organizmaları bünyesinde barındıran biyodinamik bir yapıdan oluşmaktadır. Tarımsal üretim sistemlerinde uygulanan pestisitlerin büyük bir bölümü (%14-80) toprağa ulaşmakta ve toprak verimliliğinde önemli rol oynayan algler, toprak solucanları, faydalı nematodlar ve funguslar gibi organizmaları doğrudan etkileyebilmektedir. Pestisitler, toprak içerisinde bulunan organizmaların üreme, sinir ve solunum sistemlerinde morfolojik, fiziksel ve kimyasal değişikliklere neden olmakta ve toprağı kirleterek toprak içerisindeki biyoçeşitliliği olumsuz etkileyebilmektedir (Miglani & Bisht, 2019). Pestisitler içerisinde hedef dışı organizmalara en çok ölümcül etkinin insektisitler tarafından meydana geldiği bildirilmektedir (Aktar vd., 2009; Mahmood vd., 2016). “Ekosistem mühendisleri” olarak adlandırılan toprak solucanları karasal ekosistemlerde toprak makrofaunasının yaklaşık %40 ila 90’ını oluşturmaktadır (Singh vd., 2019). Toprak solucanları hiç şüphesiz pestisitlere en çok maruz kalan toprak canlılarından biridir. Toprağın havalanması, organik maddelerin ayrıştırılması ve faydalı mikroorganizmaların sürekliliğinde önemli rol oynayan bu canlılar, toprak içerisinde 4 mg/kg toprak pestisit kalıntısı olması durumunda önemli düzeyde canlılıklarını yitirmektedir (Maggi & Tang, 2021; Yattoo vd., 2022). Son yapılan çalışmalar, Güney Amerika ile Doğu ve Güneydoğu Asya’da tarımsal üretim alanlarında toprak solucanlarının popülasyonlarında pestisitlerin kullanımına bağlı olarak yaklaşık %50’ye varan bir düşüş olduğunu göstermektedir (Maggi & Tang, 2021). Ürdün’de yapılan bir çalışma ise toprakta en çok pestisit kalıntısına sırasıyla domates, hıyar, elma, patlıcan ve biber yetiştirilen alanlarda rastlanıldığını göstermektedir (Kailani vd., 2021). Ekonomik değeri yüksek ve yetiştirme sezonu içerisinde çok sayıda pestisit kullanımına gereksinim duyulan bu kültür bitkilerinin yetiştiriciliğinin yoğun yapıldığı alanlarda toprak canlıları söz konusu pestisit kalıntılarına daha çok maruz kalmaktadır. Avrupa Birliği ülkelerine ait tarımsal alanlardan alınan toprak örneklerinde ise örneklerin %83’nün en az 1 pestisit kalıntısı içerdiği rapor edilmiştir (Silva vd., 2019). Bu çalışmalar, tarımsal üretim alanlarında hatalı ve yoğun pestisit kullanımına bağlı olarak biyoçeşitliliğin tehdit altında olduğunu göstermektedir.

İngiltere’de yapılan bir başka çalışma ise hatalı pestisit kullanımının insanlar için çok daha ciddi sonuçlar doğurabileceğini göstermiştir. Söz konusu çalışmada glifosat, glufosinat ve dikamba etken maddeli herbisit uygulamalarının toprak mikroflorası üzerindeki etkileri araştırılmış ve herbisit uygulaması yapılan alanlardan elde edilen bakterilerde antibiyotik direncinin yüksek olduğu rapor edilmiştir (Liao vd., 2021). Herbisitlerin toprak kökenli bakterilerde mutasyonlara neden olarak genetik kompozisyonu değiştirdiği bildirilmiştir (Liao vd., 2021).

3.2. Pestisitlerin Arılara ve Diğer Tozlayıcılara etkisi

Arılar, diğer tozlayıcı arthropod türleri ile beraber bitkilerin eşeyli üremesinde önemli bir rol oynamaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, tozlayıcı türlerin popülasyonlarında ciddi bir düşüş olduğunu göstermektedir (Potts vd., 2010 ; Insolia vd., 2022). Bal arısı popülasyonlarında görülen ani ve hızlı bir şekilde arı ölümleri, Koloni Çöküş Sendromu (KÇS) (Colony Collapse Disorder) olarak adlandırılmaktadır. KÇS ilk olarak USA'da 2006 yılında bildirilmiş ve ardından Çin ve Japonya gibi uzak doğu ülkelerinde de benzer koloni kayıpları meydana gelmiştir (Hristov vd., 2020). KÇS'nin ortaya çıkmasında en önemli etmenlerden bir tanesi aşırı ve hatalı pestisit kullanımıdır. Arıların pestisitlere maruz kalmaları genellikle üreticilerin, pestisitleri bitkilerin çiçeklenme döneminde uygulaması nedeniyle pestisit kalıntısı içeren nektar ve polenlerin kovana taşınması, ziyaret ettikleri bitkilerde pestisitlere doğrudan temas etmeleri yoluyla olmaktadır (Sanchez-Bayo & Goka, 2014). Çek Cumhuriyeti'nde yapılan bir çalışmada, bitkilerin çiçeklenme döneminde yapılan pestisit uygulamalarının arı ölümlerinde en çok görülen ölüm nedeni olduğu belirtilmiştir (Kadlikova vd., 2021). Çin'de bal arılarının en çok ziyaret ettiği bitkilerden birisi olan Kanola'dan alınan polen örneklerinde 48 ve nektar örneklerinde 34 farklı pestisit kalıntısı tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada carbofuran, cyfluthrin, deltamethrin, ve fenpropathrin'in en çok rastlanılan pestisitler olduğu bildirilmiştir (Wen vd., 2021). İspanya'da yapılan bir diğer çalışmada ise kavun bitkisinin nektar ve polenlerinde toplamda 19 pestisit kalıntısı tespit edilmiş ve bu pestisitlerden 11 tanesinin kavun yetiştiriciliği yapılan bölgede daha önce kullanılmadığı bildirilmiştir (Azpiazu vd., 2023). Pestisitler rüzgâr yoluyla başka alanlara sürüklenabilmekte ve o alanlarda kültür ve yabani bitkilerin polen ve nektarlarına bulaşabilmektedirler (Zioga vd., 2023). Yukarıda bahsedilen çalışmalarla beraber daha birçok çalışma tarımsal üretimde kullanılan pestisitlerin büyük bir çoğunluğunun arılar ve diğer tozlayıcılar üzerinde toksik olduğunu ve tozlayıcı türlerin popülasyonlarında ciddi düşüşlere neden olabileceğini göstermektedir (Friedli vd., 2020; Kadlikova vd., 2021).

3.3. Pestisitlerin Predatör ve Parazitoidlere Etkisi

Pestisitler uygulama yapılan agroekosistemlerde her ne kadar zararlı popülasyonlarını baskılasalar da bu zararlılar üzerinde beslenen doğal düşmanlar üzerinde de olumsuz etkilere yol açmaktadırlar. Doğal düşmanların pestisite maruz kalmış zararlılarla beslenmesi ya da pestisitlere doğrudan maruz kalmaları sonucunda popülasyonları hızla düşebilmektedir (Baudrot vd., 2020). Laboratuvar çalışmalarında, Azadirachtin uygulanan *Helicoverpa armigera*'nın (Lepidoptera: Noctuidae) ikinci dönem larvaları ile beslenen predatör *Mallada signatus* (Neuroptera: Chrysopidae)'un larvalarının hayatta kalma oranının önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Qi vd., 2001). Doğada pestisitlerle kontamine olmuş böceklerin doğal düşmanlar tarafından tüketilmesi birçok yararlı böcek türünde toksik etkilere ve gelişim bozukluklarına neden olmaktadır. *Trissolcus japonicus*

(Hymenoptera: Scelionidae) parazitoitinin pyriproxyfen uygulanmış kahverengi kokarca böceğine *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) bıraktığı yumurtalardan ergin çıkışı olmadığı bildirilmiştir (Penca & Hodges, 2017). Ayrıca doğal düşmanların baskısı üzerinde kalkmış ve daha önce mücadele gerektirmeyecek bir yoğunlukta olan diğer tarımsal zararlılar o bölgede ana zararlı konumuna geçebilmektedir. Bu durum ek ilaçlamalara sebebiyet vererek üretim maliyetlerini artırmaktadır. Güz tırtılı, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) kontrolü için chlorpyrifos uygulamasının mısır tarlalarında, etçil karıncaların yiyecek arama aktivitesini sınırladığı ve bu nedenle mısır ürünlerinde ikincil zararlı olan mısır yaprak zararlısı *Dalbulus maidis*'in (Hemiptera: Cicadellidae) popülasyonunun artarak ciddi verim kayıplarına neden olduğu bildirilmiştir (Perfecto, 1990). Yapılan çalışmalar doğal düşmanların mevcut olduğu durumlarda pestisit uygulamalarının zararlı yoğunluklarını önemli ölçüde azaltmadığını göstermektedir (Janssen & van Rijn, 2021). Bu nedenle yetiştiricilik yapılan alanlarda doğal düşmanların mevcut olduğu durumlarda pestisit uygulaması azaltılmalı ve doğal düşmanların varlığını destekleyici uygulamalara yer verilmelidir.

3.4. Pestisitlerin Kuşlar Üzerindeki Etkisi

Kuşlar pestisitlere doğrudan (dermal kontak ya da soluma ile) maruz kalabildikleri gibi pestisitler ile kontamine olmuş tarımsal ürünleri (tohum ve dane) ve böcek ve solucanlar gibi canlıları tüketerek de bu zararlı kimyasalları bünyelerine alabilirler. Pestisitlere doğrudan maruz kalmak kuşlarda ani ölümlere neden olurken, uzun süreli düşük miktarlarda pestisitlere maruz kalan kuşlarda birtakım fizyolojik ve biyolojik sorunlar ortaya çıkabilir (Moreau vd., 2022). Kronik olarak ölümcül olmayan (sublethal) düşük miktarlarda pestisitlere maruz kalan kuşlarda embriyoda ve endokrin sisteminde bozulmalar, iştahsızlık ve bağışıklık sisteminde azalmalar, morfolojik bozukluk (malformasyon) ve gelişim bozuklukları görülebilmektedir (Mitra vd., 2021). Bu durum kuşların hayatta kalma şansını düşürmekle beraber sağlıklı yeni nesillerin oluşmasını da engellemektedir. Özellikle son 20 yılda tarımsal alanlarda ve çevrelerinde bulunan kuş türlerinin popülasyonlarında ciddi düşüşler olduğu rapor edilmektedir (Rosenberg vd., 2019; Burns vd., 2021). Birleşik Krallık'ta 1970 ile 2019 yılları arasında takip edilen 19 kuş türünün popülasyonunda %45'lik bir düşüş olduğu bildirilmiştir (Desa, 2019). Ayrıca yapılan çalışmalar, pestisitlerin detoksifikasyonunda rol alan bazı enzimlerin kuşlarda bulunmadığını ve bu nedenle kuşların organofosfatlar (pirimifos-metil ve diazinon) gibi bazı pestisit gruplarına karşı memelilerden daha duyarlı olduğunu göstermektedir (Hoshi, 2021; Katagi & Fujisawa, 2021). Tarımsal üretimde özellikle tahıl üretiminde yapılan tohum ilaçlamaları kuşların pestisitlere en çok maruz kaldığı durumlardan birisidir. Kuşlar, pestisit kalıntısı içeren tahıl danelerini tüketmesiyle birlikte çok sayıda toksik maddeyi vücutlarına almaktadırlar. Bu etkilerin incelendiği bir çalışmada, Tebuconazole (fungisit) ile tohum ilaçlaması yapılmış buğdaylar ile beslenen kekliklerde yumurtadan çıkış oranının azaldığı ve çıkış yapan yavruların

ise normal yavrulara göre yarı yarıya daha küçük olduğu bildirilmiştir (Lopez-Antia vd., 2021). Bununla beraber tarımsal yetiştiricilik yapılan alanlarda bir üretim sezonu boyunca farklı moleküler yapıya ve aktiviteye sahip olan pestisit uygulamaları yapılmaktadır. Farklı pestisit gruplarına ait kalıntılar bir araya gelerek kokteyl etkisi yapmakta ve kuşlarda ve hedef alınmayan diğer canlılarda birden fazla yaşamsal fonksiyonu olumsuz etkilemektedir (Hernández vd., 2017).

4. SONUÇ

Uluslararası Doğayı Koruma Birliği (The International Union for Conservation of Nature-IUCN) tarafından 2022’de hazırlanan yeni kırmızı listeye göre 42.000’den fazla canlı türünün nesli tükenme tehlikesi altındadır (IUCN, 2023). Söz konusu listede Türkiye’den 364 canlı türü ve alttürü yer almaktadır. Küresel çapta gerçekleşen biyoçeşitlilik kaybı ve farklı canlıların popülasyonlarındaki keskin düşüşlerin en önemli nedenleri arasında, canlıların doğal yaşam alanlarının bozulması, iklim değişikliği, yoğun tarımsal üretim ve çevre kirliliği gibi pek çok neden yer almaktadır. Fakat bunların içerisinde hatalı pestisit kullanımı doğadaki pek çok canlıyı doğrudan tehdit etmekle beraber çevre kirliliğine sebep olmakta ve ekosistemlerin hızla bozulmasına yol açmaktadır. Pestisitlerin yol açtığı sorunların en aza indirilebilmesi için tarımsal hastalık ve zararlılarla mücadelede biyolojik mücadele gibi biyoçeşitlilik dostu üretim uygulamalarına daha çok yer verilmeli ve sürdürülebilir mücadele yöntemleri hakkında üreticiler bilinçlendirilmelidir. Bununla beraber pestisit kullanımının kısıtlanması, denetlenmesi ve pestisitlerin hedef organizmaya daha başarılı bir şekilde ileten pestisit uygulama teknolojilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Günümüzde habitat kaybı ve küresel ısınma yeryüzündeki farklı ekosistemlerde bulunan birçok canlıyı etkisi altına almış durumdadır. İyi tarım uygulamalarına geçiş sürecinin merkezi otorite tarafından desteklenmesi ve bu konuda üreticilerin bilinçlendirilmesi gelecek yıllardaki insan ve çevre sağlığını belirleyen en önemli faktörler içerisinde yer alacaktır.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Aktar, M. W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary toxicology*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.2478%2Fv10102-009-0001-7>
- Ashok Kumar, M., Anoop, K., & Joseph, P. E. (2013). Trends in ambient loads of DDT and HCH residues in animal's and mother's milk of PaliaKalanKheeri, Uttar Pradesh-India. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(5), 1-6. <http://www.ijsrp.org/>
- Azpiaz, C., Medina, P., Sgolastra, F., Moreno-Delafuente, A., & Viñuela, E. (2023). Pesticide residues in nectar and pollen of melon crops: Risk to pollinators and effects of a specific pesticide mixture on *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) micro-colonies. *Environmental Pollution*, 326, 121451. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121451>
- Baudrot, V., Fernandez-de-Simon, J., Coeurdassier, M., Couval, G., Giraudoux, P., & Lambin, X. (2020). Trophic transfer of pesticides: The fine line between predator-prey regulation and pesticide-pest regulation. *Journal of Applied Ecology*, 57(4), 806-818. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13578>
- Burns, F., Eaton, M. A., Burfield, I. J., Klvaňová, A., Šilarová, E., Staneva, A., & Gregory, R. D. (2021). Abundance decline in the avifauna of the European Union reveals cross-continental similarities in biodiversity change. *Ecology and Evolution*, 11(23), 16647-16660. <https://doi.org/10.1002/ece3.828>
- Canımoğlu, M. A., Adak, S. B., Ünlü, Ü., Genç, E., & Yorulmaz, A. (2022). Gıda Ve Yem İçin Hızlı Alarm Sistemi'nde Bulunan Gıda İle Temas Eden Madde Bildirimleri. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 21(41), 10-18.
- Chapin, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., & Díaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405(6783), 234-242.
- Desa, U. (2019). World population prospects 2019: highlights. United Nations, *Department of Economic and Social Affairs*, Population Division. New York.
- Gıda ve Tarım Örgütü (GTÖ; Food and Agriculture Organization, FAO) (2022). Pesticide Use. [https://www.fao.org/faostat/en/#data/Input/Pesticide use](https://www.fao.org/faostat/en/#data/Input/Pesticide%20use). (Erişim Tarihi: 14/09/2023).
- FAOSTAT, 2023. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi: 10.09.2023).
- Friedli, A., Williams, G. R., Bruckner, S., Neumann, P., & Straub, L. (2020). The weakest link: Haploid honey bees are more susceptible to neonicotinoid insecticides. *Chemosphere*, 242, 125145. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125145>
- Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W. W., Emmerson, M., Morales, M. B., ... & Inchausti, P. (2010). Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, 11(2), 97-105. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.12.001>

- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., ... & De Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS one*, 12(10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Hernández, A. F., Gil, F., & Lacasaña, M. (2017). Toxicological interactions of pesticide mixtures: an update. *Archives of Toxicology*, 91, 3211-3223. <https://doi.org/10.1007/s00204-017-2043-5>
- Hristov, P., Shumkova, R., Palova, N., & Neov, B. (2020). Factors associated with honey bee colony losses: A mini-review. *Veterinary Sciences*, 7(4), 166. <https://doi.org/10.3390/vetsci7040166>
- Hoshi, N. (2021). Adverse effects of pesticides on regional biodiversity and their mechanisms. *Risks and Regulation of New Technologies*, 235-247. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8689-7_12
- Insolia, L., Molinari, R., Rogers, S. R., Williams, G. R., Chiaromonte, F., & Calovi, M. (2022). Honey bee colony loss linked to parasites, pesticides and extreme weather across the United States. *Scientific reports*, 12(1), 20787. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24946-4>
- Janssen, A., & van Rijn, P. C. (2021). Pesticides do not significantly reduce arthropod pest densities in the presence of natural enemies. *Ecology letters*, 24(9), 2010-2024. <https://doi.org/10.1111/ele.13819>
- Kadlikova, K., Vaclavikova, M., Halesova, T., Kamler, M., Markovic, M., & Erban, T. (2021). The investigation of honey bee pesticide poisoning incidents in Czechia. *Chemosphere*, 263, 128056. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128056>
- Kailani, M. H., Al-Antary, T. M., & Alawi, M. A. (2021). Monitoring of pesticides residues in soil samples from the southern districts of Jordan in 2016/2017. *Toxin reviews*, 40(2), 198-214. <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1580747>
- Katagi, T., & Fujisawa, T. (2021). Acute toxicity and metabolism of pesticides in birds. *Journal of pesticide science*, 46(4), 305-321. <https://doi.org/10.1584/jpestics.D21-028>
- Liao, H., Li, X., Yang, Q., Bai, Y., Cui, P., Wen, C & Zhu, Y. G. (2021). Herbicide selection promotes antibiotic resistance in soil microbiomes. *Molecular Biology and Evolution*, 38(6), 2337-2350. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab029>
- Lopez-Antia, A., Ortiz-Santaliestra, M. E., Mougeot, F., Camarero, P. R., & Mateo, R. (2021). Birds feeding on tebuconazole treated seeds have reduced breeding output. *Environmental Pollution*, 271, 116292. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116292>
- OECD/FAO, "OECD-FAO Agricultural Outlook 2012- 2021," OECD Publishing and FAO, 2012.
- Qi, B., Gordon, G., & Gimme, W. (2001). Effects of neem-fed prey on the predacious insects *Harmonia conformis* (Boisduval)(Coleoptera: Coccinellidae) and *Mallada signatus* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). *Biological Control*, 22(2), 185-190. <https://doi.org/10.1006/bcon.2001.0965>
- Özercan, B., & Taşçı, R. (2022). Türkiye’de Pestisit Kullanımının İller, Bölgeler ve Pestisit Grupları Açısından İncelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (375), 75-88. <https://doi.org/10.33724/zm.1120599>

- Maggi, F., & Tang, F. H. (2021). Estimated decline in global earthworm population size caused by pesticide residue in soil. *Soil Security*, 5, 100014. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2021.100014>
- Mahmood, I., Imadi, S. R., Shazadi, K., Gul, A., & Hakeem, K. R. (2016). *Effects of pesticides on environment. Plant, soil and microbes: volume 1: implications in crop science*, 253-269. Springer International Publishing, Switzerland. DOI: 10.1007/978-3-319-27455-3_13.
- Médiène, S., Valantin-Morison, M., Sarthou, J. P., De Tourdonnet, S., Gosme, M., Bertrand, M., ... & Doré, T. (2011). Agroecosystem management and biotic interactions: a review. *Agronomy for sustainable development*, 31, 491-514. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0009-1>
- Miglani, R., & Bisht, S. S. (2019). World of earthworms with pesticides and insecticides. *Interdisciplinary Toxicology*, 12(2), 71. doi: 10.2478/intox-2019-0008
- Mineau, P., & Whiteside, M. (2013). Pesticide acute toxicity is a better correlate of US grassland bird declines than agricultural intensification. *PloS one*, 8(2), e57457. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057457>
- Mitra, A., Chatterjee, S., Sarkar, M., & Gupta, D. K. (2021). Toxic effects of pesticides on avian fauna. *Environmental Biotechnology Vol. 3*, 55-83. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48973-1_3
- Moreau, J., Rabdeau, J., Badenhauer, I., Giraudeau, M., Sepp, T., Crépin, M., ... & Monceau, K. (2022). Pesticide impacts on avian species with special reference to farmland birds: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(11), 790. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10394-0>
- Perfecto, I. (1990). Indirect and direct effects in a tropical agroecosystem: the maize-pest-ant system in Nicaragua. *Ecology*, 71(6), 2125-2134. <https://doi.org/10.2307/1938626>
- Penca, C., & Hodges, A. C. (2017). Pyriproxyfen treatment terminates Halyomorpha halys reproductive diapause, with an indirect mortality effect on its egg parasitoid Trissolcus japonicus. *Journal of Pest Science*, 90, 1269-1276. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0882-8>
- Pimentel, D., 1995. Amounts of pesticides reaching target pests - environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 8, 17-29. <https://doi.org/10.1007/BF02286399>
- Potts, S. G., Roberts, S. P., Dean, R., Marris, G., Brown, M. A., Jones, R., ... & Settele, J. (2010). Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 15-22. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.02>
- Rosenberg, K. V., Dokter, A. M., Blancher, P. J., Sauer, J. R., Smith, A. C., Smith, P. A., ... & Marra, P. P. (2019). Decline of the North American avifauna. *Science*, 366(6461), 120-124. <https://doi.org/10.1126/science.aaw1313>
- Sabzevari, S., & Hofman, J. (2022). A worldwide review of currently used pesticides' monitoring in agricultural soils. *Science of The Total Environment*, 812, 152344. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152344>

- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8-27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Sanchez-Bayo, F., & Goka, K. (2014). Pesticide residues and bees—a risk assessment. *PloS one*, 9(4), e94482. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094482>
- Silva, V., Mol, H. G., Zomer, P., Tienstra, M., Ritsema, C. J., & Geissen, V. (2019). Pesticide residues in European agricultural soils—A hidden reality unfolded. *Science of the Total Environment*, 653, 1532-1545. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.441>
- Singh, J., Schädler, M., Demetrio, W., Brown, G. G., & Eisenhauer, N. (2019). Climate change effects on earthworms-areview. *SoilOrganisms*, 91(3), 114. <https://doi.org/10.25674%2Fso91iss3pp114>
- Singh, S., Gupta, A., Waswani, H., Prasad, M., & Ranjan, R. (2022). *Impact of pesticides on the ecosystem*. In *Agrochemicals in Soil and Environment: Impacts and Remediation* (pp. 157-181). Singapore: Springer Nature Singapore.
- The International Union for Conservation of Nature, IUCN, 2023. <https://www.iucnredlist.org/> (Erişim tarihi: 10.09.2023).
- Tilman, D., Isbell, F., & Cowles, J. M. (2014). Biodiversity and ecosystem functioning. Annual review of ecology, evolution, and systematics, 45, 471-493. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-120213-091917>
- Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., & Phung, D. T. (2021). Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International journal of environmental research and public health*, 18(3), 1112. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>
- Yaşayan Gezegen Raporu, 2023. <https://www.wwf.org.tr/?13440/2022-Faaliyet-Raporu> (Erişim tarihi: 10.09.2023).
- Yattoo, A. M., Ali, M. N., Zaheen, Z., Baba, Z. A., Ali, S., Rasool, S. & Hamid, B. (2022). Assessment of pesticide toxicity on earthworms using multiple biomarkers: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20(4), 2573-2596. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01386-0>
- Zioga, E., White, B., & Stout, J. C. (2023). Pesticide mixtures detected in crop and non-target wild plant pollen and nectar. *Science of the Total Environment*, 879, 162971. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162971>
- Wen, X., Ma, C., Sun, M., Wang, Y., Xue, X., Chen, J., ... & Luo, S. (2021). Pesticide residues in the pollen and nectar of oilseed rape (*Brassica napus* L.) and their potential risks to honey bees. *Science of the Total Environment*, 786, 147443. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147443>

Yazarlar Hakkında / About Authors

**Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL | Erciyes Üniversitesi |
ramazancanhilal[at]erciyes.edu.tr | ORCID: 0000-0002-5374-5458**

Ramazan Canhilal 1963 yılında Gaziantep'te doğdu. 1986 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesini Bitki Koruma Bölümü'nden birincilikle mezun oldu. Yüksek lisansını da aynı üniversitede bitiren Ramazan Canhilal, doktora bursu kazanarak, Amerika'nın Güney Carolina Eyaletinde Clemson Üniversitesinde 2000 yılında doktorasını tamamladı. 2000-2004 yılları arasında Uluslararası Tarım Araştırma Merkezi olan ICARDA'da araştırmacı olarak, 2004-2006 yılları arasında Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü'nde Genel Müdür Yardımcısı olarak çalıştıktan sonra, 2006 yılında Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'ne Yardımcı Doçent olarak atandı. Bugün aynı Fakülte Profesör unvanıyla bilgi ve tecrübelerini öğrencileri ve birçok araştırmacıyla paylaşmaya devam ediyor. Entomoloji, Böcek Patolojisi, Entegre Mücadele, Biyolojik Mücadele, Bitki Karantinası başlıca çalışma alanlarını oluşturmaktadır.

**Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL | Erciyes University |
ramazancanhilal[at]erciyes.edu.tr | ORCID: 0000-0002-5374-5458**

Ramazan Canhilal was born in Gaziantep, 1963. He graduated from Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Çukurova University in 1986 with the first rank. Ramazan Canhilal, who also completed his master's degree at the same university, earned a doctoral scholarship and completed his doctorate in 2000 at Clemson University in South Carolina, USA. He worked as a researcher at ICARDA, the International Center for Agricultural Research in Dry Areas, between 2000-2004, and as Deputy General Manager in the General Directorate of Food and Control, the Ministry of Agriculture and Forestry between 2004-2006. He was appointed as Assistant Professor in the Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Erciyes University in 2006. Today, he continues to share his knowledge and experience with his students and many researchers as Professor at the same faculty. Entomology, Insect Pathology, Integrated Pest Management, Biological Control, and Plant Quarantine are his main fields of study.

**Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir YÜKSEL | Erciyes Üniversitesi |
ebubekiryuksel[at]erciyes.edu.tr | ORCID: 0000-0002-6982-5874**

Ebubekir Yüksel 1986 yılında Ankara’da doğdu. 2008 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünü bitirdi. 2012-2014 yılları arasında Uluslararası Mısır ve Buğday Geliştirme Merkezi (CIMMYT)’nde çalıştıktan sonra 2014 yılında Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünde araştırma görevlisi olarak kariyerine devam etti. 2023 yılında Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümüne öğretim üyesi olarak atandı. Nematoloji, Entomoloji, Böcek Patolojisi ve Tarımsal Zararlılarla Biyolojik Mücadele başlıca çalışma alanlarını oluşturmaktadır.

**Asst. Prof. Ebubekir YÜKSEL | Erciyes University |
ebubekiryuksel[at]erciyes.edu.tr | ORCID: 0000-0002-6982-5874**

Ebubekir Yüksel was born in Ankara in 1986. He graduated from Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection in 2008. After working at the International Corn and Wheat Improvement Center (CIMMYT) between 2012 and 2014, he continued his career as a research assistant at Erciyes University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection in 2014. In 2023, he was appointed assistant professor at Erciyes University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection. Nematology, Entomology, Insect Pathology, and Biological Control against Agricultural Pests are his main fields of study.



RİZOSFERDE BİYOÇEŞİTLİLİK KAYBI

BIODIVERSITY LOSS IN THE RHIZOSPHERE

Semra DEMİR

RİZOSFERDE BİYOÇEŞİTLİLİK KAYBI

Semra DEMİR

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Özet

Karasal ekosistemlerdeki çeşitli organizmaların büyük bir kısmı toprak altında bulunur ve ekosistem hizmetlerinde önemli rol oynarlar. Bitki ekosisteminde, rizosfer bölgesi zengin mikrobiyal bileşime sahip bir bölgedir. Tarımsal uygulamalar bütüncül olarak, bitki büyümesini ve hastalıkların bastırılmasını kolaylaştıran rizosfer süreçlerinin daha iyi anlaşılmasını gerektirmektedir. Bundan dolayıdır ki rizosferdeki toprak ve mikroorganizmalar arasındaki karmaşık ilişkiyi incelemek, sağlıklı ve yüksek verimli üretim sistemlerini sürdürmek için önemli bir unsurdur. Bu nedenle rizosfer çeşitliliği, toprağa en yakın ve önemli oranda bitki köklerinden etkilenen, toprakta yaşayan çok sayıda organizmanın anlaşılması ve çözümlenmesi için kullanılan bir terimdir. Rizosfer biyoçeşitliliğinin sürdürülebilir biyokütle üretimini teşvik etmede yadsınamaz bir rolü vardır. Söz konusu işlevlerin yerine getirilmesinde rizosfer biyoçeşitliliği bileşenlerinin (kök ve kök salgısı, mikroorganizmalar) etkisi oldukça önemlidir. Dolayısıyla bu biyoçeşitlilikteki kayıp doğal ve tarımsal ekosistemler için farklı yönlerden olumsuzluklara neden olmaktadır. Bu derlemede; rizosfer biyoçeşitliliğin bileşenleri, önemi ve rizosferdeki biyoçeşitliliğin kaybında etkin olan faktörler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Toprak, Rizosfer, Biyoçeşitlilik, Bitki, Mikroorganizma, Biyoçeşitlilik kaybı

BIODIVERSITY LOSS IN THE RHIZOSPHERE

Semra DEMİR

Van Yüzüncü Yıl University

Abstract

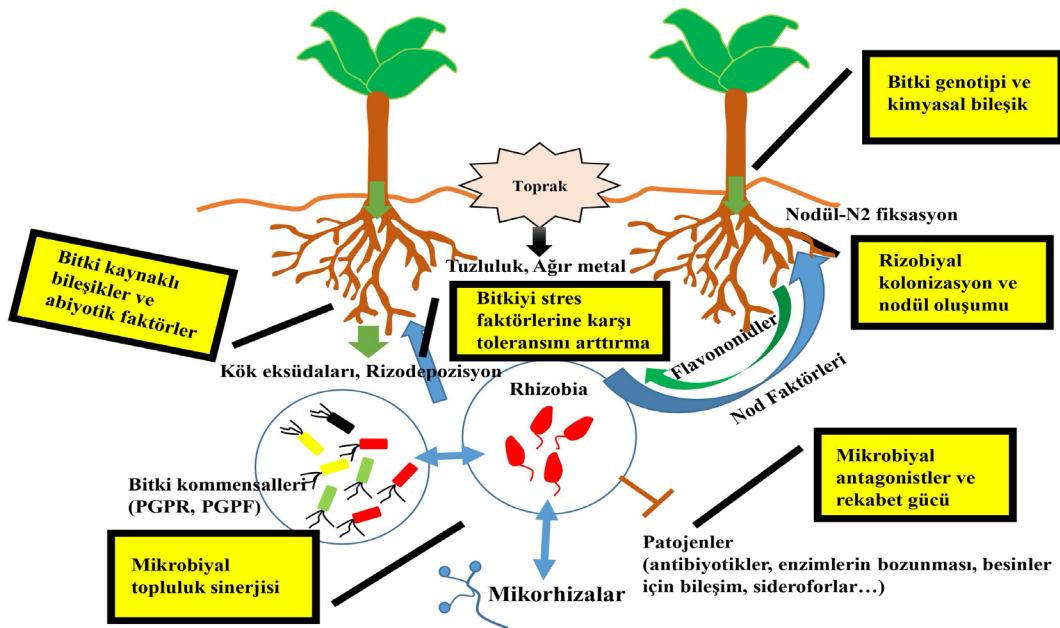
A large proportion of various organisms in terrestrial ecosystems are found under the soil and play an important role in ecosystem services. In plant ecosystems, the rhizosphere is a region of rich microbial composition. Agricultural practices holistically require a better understanding of rhizosphere processes that facilitate plant growth and disease suppression. Studying the complex relationship between soil and microorganisms in the rhizosphere is therefore integral to maintaining healthy and highly productive production systems. For this reason, rhizosphere diversity is a term used to understand and analyse the large number of soil-dwelling organisms closest to the soil and significantly influenced by plant roots. Rhizosphere biodiversity has an undeniable role in promoting sustainable biomass production. The influence of the components of rhizosphere biodiversity (root and root secretion microorganisms) is crucial in the fulfilment of these functions. Therefore, the loss of this biodiversity causes negativities in different aspects for natural and agricultural ecosystems. In this review; the components and importance of rhizosphere biodiversity, and the factors that are effective in the loss of rhizosphere biodiversity are evaluated.

Keywords

Soil, Rhizosphere, Biodiversity, Plant, Microorganism, Biodiversity loss

1. GİRİŞ

Alman tarım uzmanı ve bitki fizyoloğu Lorenz Hiltner tarafından 1904 yılında, bitki-kök ara yüzünü tanımlamak için ilk kez kullanılan “rizosfer” terimi kısmen Yunanca kök anlamına gelen “rhiza” kelimesinden gelmektedir (Hartmann vd., 2008). Rizosfer kavramı; bitki köklerinin yaşam alanlarının olduğu dar bir bölgede, bitki, mikroorganizmalar ve toprak bileşenleri arasındaki dinamik mikrokozmos olarak tanımlanan, bitkinin toprak mikroorganizmaları üzerindeki etkileri ile mikroorganizmaların bitki üzerindeki etkilerinin etkileşim içinde olduğu ve birbirine bağlı olduğu çok karmaşık bir ortamdır (Şekil 1) (Akköprü & Demir, 2005; Manoharachary & Mukerji, 2006; Dessaux vd., 2009). Bu dinamik ve karmaşık mikrokozmoz aynı zamanda biyolojik çeşitliliği de içine almaktadır. Rizosfer, bitki kökleri, toprak ve çeşitli bakteri, fungus, ökaryot ve arkea konsorsiyumundan ve entegre bir ağdan oluşan en karmaşık mikrohabittir (Walker vd., 2003).



Şekil 1. Rizosfer ve tüm bileşenleri (Boyno, 2023).

Rizosfer, bitki köküne en yakın olan ve bitki kökünden yüksek oranda etkilenen toprak kısmı olmakla beraber (Nicolitch vd., 2016; Pascual vd., 2016) Lynch ve Whipps (1990) rizosferin sadece kökü çevreleyen ince toprak tabakası olmadığını, üç ana bölgeden oluştuğunu belirtmiştir. Endorizosfer olarak bilinen rizoplan ile kök korteksi; rizoplan kök epidermisini ve ilişkili müsilağı kapsarken köke en yakın toprak ektorizosferdir.

Rizosferdeki temel etken karbon döngüsüdür. Bu bakımdan bitki köklerinden sızan veya salınan kök salgıları çok önemli bir enerji kaynağı oluşturmaktadır (Andrade & Linderman, 1998; Lugtenberg & Dekkers, 1999; Barea vd., 2002). Kök salgıları; yüksek ve düşük molekül ağırlığına sahip yapılardan oluşurlar. Müsilaj ve ektoenzimler yüksek molekül ağırlığına sahip, organik asitler, şekerler, fenolikler ve amino asitler (fitosidoreforları da içerirler) düşük molekül ağırlığına sahip en önemli kök salgı komponentleridir (Marschner ve Dell, 1994). Bu yapılar mikroorganizmalar için bir enerji kaynağı oldukları gibi uyarıcı veya engelleyici de olabilirler. Bu etkiler sonucu kök çevresinde mikroorganizma popülasyonu artmaktadır. Buna bağlı olarak artan mikroorganizma faaliyeti ile, toprakta bulunan organik ve inorganik maddelerin, bitkinin kullanabileceği forma dönüşmesi sağlanmış olur. Bu karşılıklı etkileşimler sonucu toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı da doğal olarak değişmektedir.

Rizosfer mikroorganizmaları kök ortamını çeşitli şekillerde etkileyebilirler. Oksidasyon-redüksiyon potansiyelini değiştirebilir, nem ve besin maddelerinin kullanılabilirliğini etkileyebilir, kök eksudasyonları büyümeyi engelleyici veya büyümeyi teşvik edici özellikte olabilirler, rekabet sağlayabilir ve daha birçok etkiye neden olabilirler (Singh & Mukerji, 2006).

Yukarıda belirtilen etkinliklerin (faaliyetler ve değişimler) toplamı olan ve kendine has karakterler oluşturan Rizosfer, bu özellikleri ile toprağın en aktif kısmını oluşturur ve toprağın geri kalan kısımlarından büyük farklılıklar gösterir. Bunun yanı sıra rizosferik etki; bitki sağlığı, verimliliği ve toprak kalitesi üzerine kompleks bir yapı içinde birçok şekilde etkide bulunur. Rizosferdeki mikroorganizmalar bitki gelişimini engelleyebilir, teşvik edebilir veya etkisiz kalabilir. Bu durum, mikroorganizmanın tipine, bitkinin türüne ve çevresel durumlara bağlı olarak değişim gösterir (Lugtenberg & Dekkers, 1999; Barea vd., 2002 ; Whipps, 2002).

Bu derlemede, rizosferdeki biyoçeşitlilik, biyoçeşitliliğin azalmasına neden olan faktörler ve bu faktörlerin tarıma nasıl yansdığı özetlenmeye çalışılmıştır.

2. RİZOSFER BİYOÇEŞİTLİLİĞİNİN ANA BİLEŞENLERİ

2.1. Kök Salgıları

Kök salgılarının varlığı rizosfer toprağının fiziksel ve kimyasal özelliklerini önemli ölçüde etkiler (Hinsinger vd., 2005; Bais vd., 2006). Bitkiler tarafından toprağa salınan kök salgıları rizosfer ortamını aktif bir şekilde düzenleyerek rizosferi karasal ekosistemlerdeki

en dinamik ve canlı ara yüzlerden biri ve bitki-toprak-mikroorganizma etkileşimleri ve materyal döngüsü için sıcak bir nokta haline getirir (Hinsinger vd., 2005). Bu da karasal ekosistemlerde de materyal döngüsünde önemli bir rol oynar. Toprak su, hava, mineraller, organik madde ve canlı organizmaların bir karışımı olduğundan, kök ve toprak arasındaki ara yüzeyde bulunan kök salgıları, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra toprakta bulunan mikroorganizmalar ve bitkiler üzerinde de birincil etkiye sahip olmaktadır (Ma vd., 2022).

Bitkiler topraktaki besin maddesi eksikliğine kök morfolojisini değiştirerek, bazı toprak mikroorganizmalarının yardımını alarak ve rizosfer bölgesinin kimyasal yapısını değiştirerek yanıt verirler. Kök salgılarının içerdiği bileşenler, rizosferdeki redoks koşullarını asitleştirerek veya değiştirerek ya da doğrudan besinle şelat oluşturarak bitkilerin besin maddelerine erişmesine yardımcı olurlar. Bu kök salgıları, çözünmeyen mineral fazların çözünmesi veya kil minerallerinden veya organik maddeden desorpsiyon yoluyla besin maddelerini serbest bırakabilir, bunlar toprak çözeltisine salınır ve daha sonra bitki tarafından alınabilir forma dönüşebilir (Bashir vd., 2016).

Bitki kök salgıları bir yandan yeni toprak agregatlarının oluşumunu ve stabilizasyonunu teşvik ederken, diğer yandan da eski agregatların yıkımına da neden olabilen agregatların dönüşümünü hızlandırır. Kök salgıları ayrıca, bitki-mikroorganizma ve bitki-bitki etkileşimine de aracılık eder.

Bitki türleri, büyüme evresi, çevresel faktörler ve mikroorganizmalar kök salgılarının bileşimini, miktarını ve üretim mekanizmasını belirleyen temel faktörlerdir. Bu nedenle, kök salgıları toprak fiziko kimyasal özellikleri, bitki besin maddesi alımı, dönüşümü ve kullanımı, allelopati ve çevresel stresin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Ma vd., 2022).

2.2. Mikroorganizmalar

Rizosfer, bitkinin toprak mikroorganizmaları üzerindeki etkileri ile mikroorganizmaların bitki üzerindeki etkilerinin etkileşim içinde olduğu ve birbirine bağlı olduğu çok karmaşık bir ortamdır. Bitki kök salgıları ve parçalanma ürünleri mikroorganizmaları çeker ve onların besin ihtiyacını karşılar, karşılığında bitkiler de mikroorganizmalardan faydalanırlar. Mikroorganizmalar ve bitki kökleri arasındaki etkileşimler, bitkinin beslenme gereksinimleri için gereklidir. Bitki büyümesi, gelişimi ve üretkenliği büyük ölçüde kök

bölgesi rizosferindeki toprak ortamına bağlıdır. Bunun yanı sıra toprak ve iklim özellikleri mikrobiyal topluluk kompozisyonu, çeşitliliği ve metabolik potansiyeli üzerinde önemli etkiye sahiptirler (Dlamini vd., 2022).

Mikroorganizmalar ekosistemin işleyişinde ve sürdürülebilirliğinde önemli etkenlerdir. Toprakta yaşayan organizmaların çeşitliliği son derece fazladır ve rolleri de aynı şekilde çeşitlidir (Uzoh & Babalola, 2018). Sürdürülebilir ve artan ürün verimine yönelik son talep, toprakta yaşayan mikropların incelenmesini yeniden canlandırmıştır (Hawkes vd., 2007). Rizosfer, bitkiler ve toprak dahil çevreleri arasındaki materyal alışverişini sürdüren önemli bir niş alanıdır. Bu alışverişte birçok organizma yer alır ve bu da bitkiler ile hem topraktaki hem de bitkideki destekleyici ve patojen mikroplar arasında sayısız etkileşime neden olur (Iiehon & Babalola, 2017; Uzoh & Babalola, 2018).

Mikroorganizmaların abiyotik ve biyotik etkilere karşı verdikleri hızlı tepki, onların toprak verimliliği ve kalitesinin belirlenmesinde işaretçi görevi üstlenmelerini sağlamaktadır (Enagbonma vd., 2020).

Bitkinin rizosfer bölgesi, kök sisteminin fitopatojenlere karşı direncine dayanan mikrobiyal aktivitenin bir nişidir. Bu bölge, bitki sağlığına hem doğrudan hem de dolaylı olarak çeşitli faydalar sağlar (Gupta vd., 2019). Toprak mikroorganizmalarının, bitkinin gelişimini etkileyen azot döngüsü, organik madde ayrışması ve mineral ayrışması gibi besin döngüsü süreçlerine aktif katılımları yoluyla bitkiler için birincil besin rezervuarı görevi gördüğü kabul edilmektedir (Jilling vd., 2018). Bu nedenle, bitki kökleri ve mikroorganizma etkileşimleri, bitkilerin ekosistemin işleyişine katılımı için kritik öneme sahiptir. Değişen ortamlara karşı ekosistem tepkilerini anlamak, mikrobiyal çeşitlilik dağılımı ve işlevleri hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirir (Dlamini vd., 2022). Ayrıca, kök salgıları, mikrobiyal topluluğun faaliyetlerini güçlendirebilen ve bitki türüne ve genotipine bağlı olarak rizosferik mikrobiyal topluluğun yapısını önemli ölçüde değiştirebilen amino asitler, karbonhidratlar, sideroforlar ve enzimler dahil olmak üzere çok çeşitli kimyasallar içerir (Wei vd., 2017).

Rizosfer bölgesinde bulunan birçok mikroorganizma, doğrudan veya dolaylı yollarla bitkilerin büyüme ve gelişmesine aracılık ederler. Bu mikroorganizmaların içerisinde bulunan bitki gelişimini destekleyen funguslar (PGPF) ve bitki gelişimini teşvik eden bakteriler (PGPB) bitkiyi patojen saldırılarına karşı korurlar. PGPF ve PGPB bitkilerin

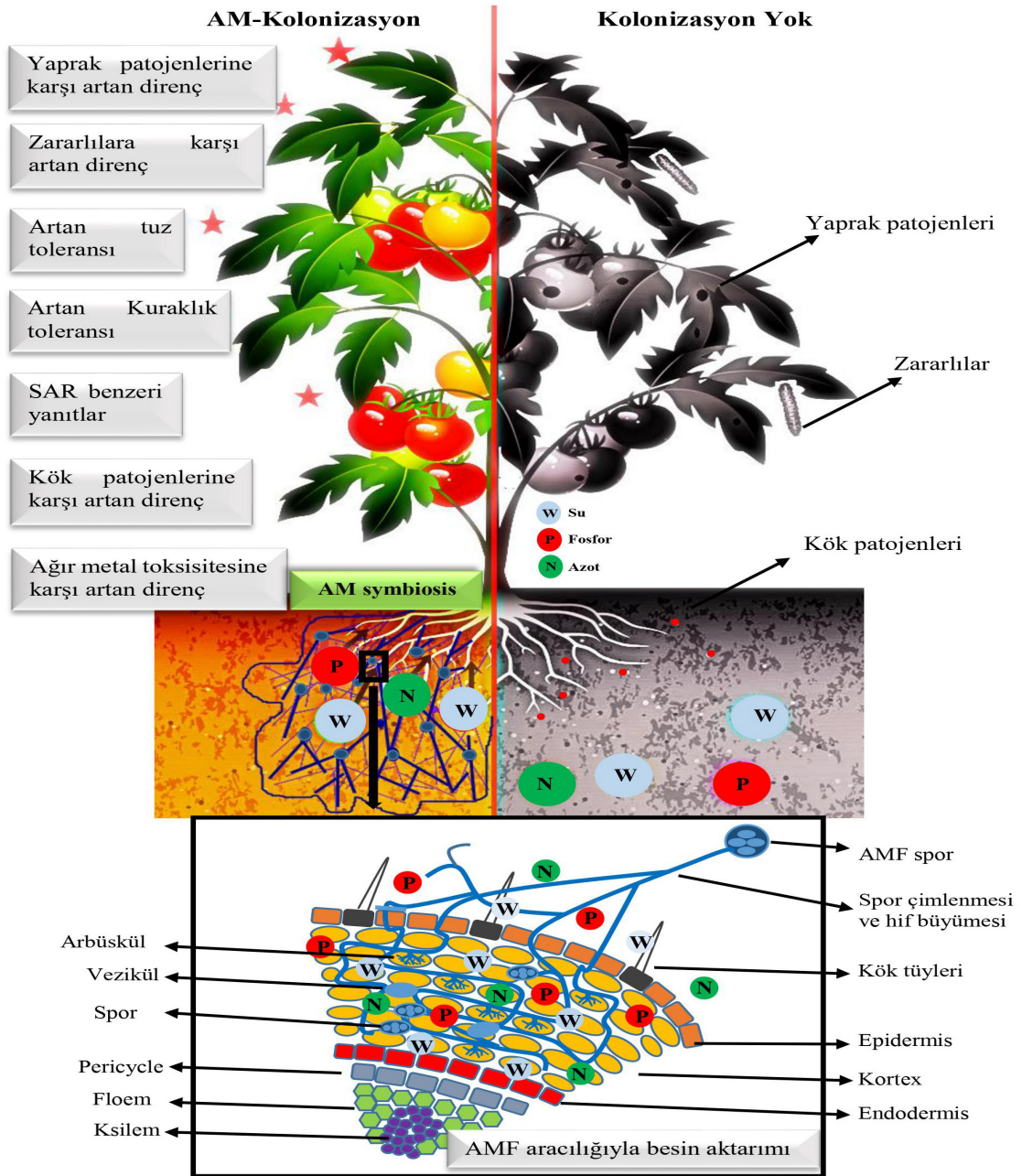
mekanik dokusunu (hücre duvarı, kallus ve lignin birikimi) güçlendirerek fitopatojenlerin girişini önlemektedirler. Bunun sonucunda sistemik direnç yolu açan savunma ile ilgili reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini uyarmaktadır (Chakraborty vd., 2019).

Rizosfer sıklıkla saprofit mikroorganizmaların faaliyetini artırdığı bir alan olmasına rağmen, özel simbiyotik gruplarının seçimini de sağlayabilir (örneğin; mutualistik simbiyotiklerden Rhizobiumlar ile legüminase bitkileri ya da mikorhizal funguslar ve konukçu bitkileri). Bununla birlikte bitki kökleri ve patojenleri arasındaki antagonistik ilişki sonucu hastalığın oluşması da bu kapsam içinde yer alır (Whipps, 2001).

2.2.1. Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF)

Kök fungusu anlamına gelen mikorhizal funguslar karasal bitkiler ile yaygın bir şekilde simbiyotik yaşam sürdürmektedirler. Bu simbiyotik yaşam mikorhizal funguslarının sporları ve hifleri ile bitkinin köklerine yönelmesi ile başlar. Mikorhizal simbiyozis ektomikorhiza ve endomikorhiza olarak iki gruba ayrılır. Ektomikorhiza grubuna ait fungusların hifleri bitkinin kök yüzeyini, hücreler arasına yerleşmek suretiyle sararak mantoya benzer bir yapıda misellerden oluşan bir tabaka meydana getirirler. Bu simbiozis başta orman ağaçları olmak üzere bazı meyve ağaçlarında da görülmektedir. Endomikoriza grubuna ait funguslarda ise, hiflerin bir kısmı bitkinin kök yüzeyinden hücreler içine girerek ağaca benzer dallanmalar gösterirken, diğer kalan kısmı ise kökün toprakla temas eden yüzeyinde hifsel ağ meydana getirmesi suretiyle oluşur. Bu şekilde oluşan simbiozis ise ektomikorizanın aksine, birçok kültür bitkilerinde ve meyve ağaçlarında görülmektedir. Bununla birlikte mikoriza üzerine yapılan araştırmalar, endomikoriza yaşam şekilleri içerisinde yer alan ve özellikle de bitkiye sağladıkları olumlu katkılarından dolayı Arbusküler Mikorizal (AM) oluşumuna odaklanmıştır (Demir, 1998).

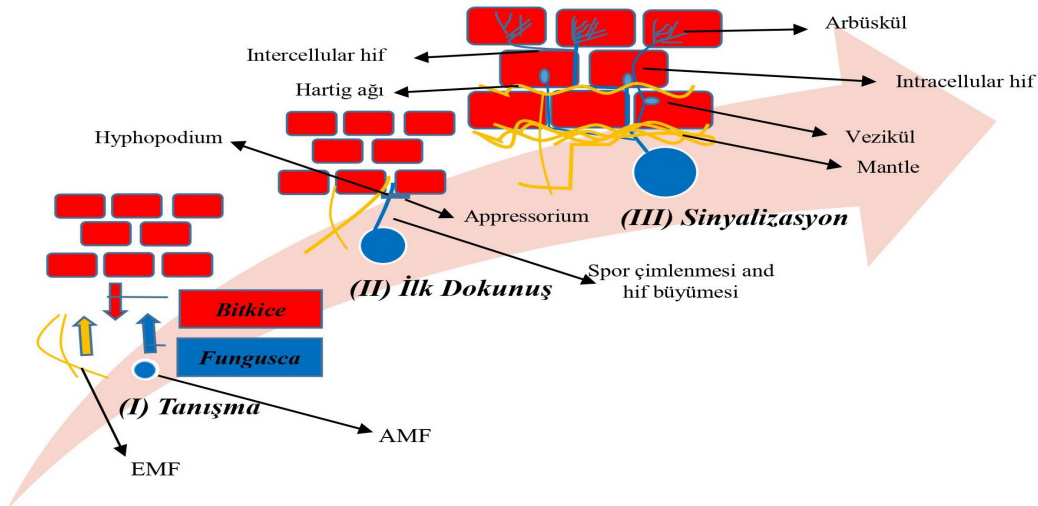
AMF ve simbiozis oluşturdıkları bitkiler, belirli koşullar altında birbirlerinden fayda sağlamaktadırlar. Rizosfer bölgesinde yaygınca bulunan AMF, özellikle de bitki besin maddeleri bakımından fakir olan marjinal topraklarda bitkilerin gelişimi için oldukça önemli katkı sağlar ve bazı mikro ve makro besin maddelerinin yanı sıra özellikle de fosfor alımında önemli rol alır. Buna karşın AMF ise, bitkinin ürettiği karbonhidratlardan ve bazı organik maddelerden faydalanmaktadır (Demir & Akköprü, 2007; Smith & Read, 2008). Bitki ile mikorhizal fungus arasındaki simbiyotik ilişki sonucunda konukçu bitkinin köklerinde morfolojik ve fizyolojik değişiklikler meydana gelir. Böylece kök salgılarının kalite ve kantitesinde ve kök çevresindeki fiziksel yapıda değişikliklere neden olurlar (Şekil 2) (Manteghi vd., 2022).



Şekil 2. Arbusküler mikorizal funguslar (AMF) ile konukçu bitki arasındaki etkileşimin ve işlevlerinin şematik gösterimi (Manteghi vd., 2022).

Bu arada fungus, kendi işlev ve hayatietini sürdürebilmek için konukçusundan aldığı asimilasyon ürünlerinin bir kısmını eksüdatları yardımı ile toprağa kazandırır. Salınan eksüdatlar toprak mikroorganizmaları için karbon kaynağı görevi yaparlar. Bu etkilerin sonucu olarak, konukçu bitkilerin rizosferindeki mikrobiyal populasyonun kalite ve kantitesini etkileyerek değişikliğe uğrayan rizosfer alanına Mikorizosfer denir. Mikorizosferde, AMF'ların miselyumlarının mikro çevresinde de spesifik değişiklikler meydana getirdikleri bilinmektedir, sebep oldukları bu etkiye ise Hifosfer denir. Mikorizosfer etki, toprak pH'sını, nemini, fiziksel yapılarını, besin ve organik materyal içeriğini etkilediği gibi diğer toprak mikroorganizmalarını da direkt veya dolaylı olarak etkiler (Akköprü & Demir, 2005).

Mikorhizal funguslar yukarıda bahsedilen madde akışına önemli ölçüde katkıda bulunur (Smith & Read, 2008). Bu miselyumlar morfolojik olarak oldukça büyüktür; tipik olarak fungus türleri ve konukçu bitkiler arasında dağılarak mikorhizal ağlar oluştururlar. Mikorizal ağlar, birden fazla fungus türünün tek bir konukçu bitkide kolonize olduğu, fungusun birkaç konukçu bitki türüyle etkileşime girdiği ve bitkileri birbirine bağladığı karmaşık ağlardır (Boyno & Demir, 2022). Besin maddelerinin (karbon, fosfat, azot veya mikro besinler), suyun, stres hormonlarının ve allelo kimyasalların uzun mesafeli hareketinin yanı sıra aynı veya farklı bitki türlerine ve gelişim aşamalarına sahip bitkilerin birbirine bağlanması bu ağlar tarafından kolaylaştırılmaktadır. Bitki-mikorizal fungus ve mikorizal ağlar aracılığıyla bitkiler arası iletişimde kaynakların ve sinyal moleküllerinin değişimini/akışını incelemek, doğanın dili hakkında bilgi edinmemizi sağlar (Şekil 3). Karasal bitkilerin büyük çoğunluğu, evrimsel konumlarından bağımsız olarak mikorizal simbiyozu sürdürür ve bu da korunmuş bir iletişim mekanizmasının varlığına işaret eder (Moscatiello vd., 2014). Bitki ve mikoriza arasındaki "bitkimsi" veya "fungusumsu" iletişim tam olarak bilinmese de, kullandıkları ortak dil "simbiyotik" olarak tanımlanabilir. Simbiyotik ortaklar bu dil sayesinde "tanışır"; bir anlaşma yapılırsa, fungus "ilk dokunuş" gerçekleştirir (Boyno & Demir, 2022).



Şekil 3. Bitkiler ve mikorizal funguslar arasındaki iletişim süreci (Boyno & Demir, 2022).

“Kablolu iletişime” benzeyen mikorizal ağlar, bitkiler arasında iletişim kurmak için kullanılır. Topraktaki bitki köklerinin birbirleriyle rekabet ettiği bilinmesine rağmen, araştırmalar stres altında komşu bitkilerin mikorizal ağlar aracılığıyla önemli kaynakları paylaştığını göstermektedir. Bitkiler, mikorizal ağ üzerinden bilgi akışı sayesinde komşularıyla bağlantı kurabilir, hızla değişen çevreye uyum sağlayabilir ve harekete geçebilir (Boyno & Demir, 2022).

2.2.1.1. Mikorizosferde besin döngüsü

Tarımsal ekosistemlerin sürdürülebilirliği ve verimliliği için temel bir konu olan besin maddelerinin devir ve geri dönüşümünün optimize edilmesi, mikroorganizma popülasyonların bulunduğu bitki-toprak etkileşimlerinin işlevselliğine bağlıdır. Kök-toprak ara yüzlerinde, rizosferde veya bitki ile ilişkili olarak toprakta yaşayan hem mutualistik simbiyontlar hem de saprofitik mikroorganizmalar, besin döngüsünün, temel ve fonksiyonel güçleri olarak kabul edilmektedir. Mutualistik simbiyontlar arasında, arbusküler mikorizal funguslar (AMF) topraktaki biyolojik çeşitliliğinin en etkili gruplarından biridir çünkü birçok bitki ile AMF arasında mikorhizal yaşam kurulduktan sonra bitkinin besin alım özellikleri gelişmektedir. Saprofitik mikroorganizmalar, bitki verimliliğinin sürdürülmesi için iki temel süreç olan azot (N) fiksasyonu ve/veya fosfor (P) mobilizasyonunu teşvik etme yetenekleriyle öne çıkmaktadırlar. Yukarıda da ifade edildiği üzere mikorhizal simbiyozis rizosferin biyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirerek mikorizosfer olarak adlandırılan yapıyı geliştirir. Mikorizosfer bölgesi azot fiksasyonu yapan rizobiyal bakterilerle simbiyozu da içerdiği için bu bölge baklagil bitkileri açısından da önemlidir (Azcón-Aguilar & Barea, 2015).

Rizosfer bölgesinin önemli bileşenleri arasında yer alan PGPR’lar azot fiksasyonu ve fosfor mobilizasyonu dahil olmak üzere besin döngüsü ve bitki patojenlerinin biyolojik kontrolü gibi bitki yararına birçok faaliyette yer almaktadırlar (Martínez-Viveros vd., 2010). Bu nedenle N₂ bağlayan rizobiyum bakterileri ve AMF besin döngüsüyle ilgili faydalı bitki simbiyontlarının en önemli temsilcileridir (Akköprü & Demir, 2005). AMF’ların bitki köklerini kolonizasyonu, başta kök salgıları olmak üzere bitkinin çeşitli fizyolojik özelliklerini değiştirir. Bu da rizosferin biyolojik ve kimyasal özelliklerini değiştirir. Sonuç olarak, AMF simbiyozunun kurulması, mikroorganizma topluluklarının yapısını ve çeşitliliğini sadece rizosferde değil, aynı zamanda rizosferin dışındaki diğer toprak mikrohabitatlarında da etkiler. Ayrıca AMF, azot fikse eden rizobiyum bakterileri diğer faydalı saprofitik mikroorganizma-bitki etkileşimlerini de etkileyerek bitki gelişiminin ve sağlığının sürdürülebilirliğinin yanı sıra toprak kalitesinin iyileştirilmesinde de önemli rol oynamaktadır (Barea vd., 2013).

2.2.2. Kök Bakterileri (KB)

Rizosferin en önemli bileşenlerinden biri olan kök bakterilerinin doğal habitatları genellikle topraktır, fakat özellikle rizosfer ve organik materyaller üzerinde daha yoğun olarak bulunurlar. Bitki hastalıklarının biyolojik savaşımında etkin rol üstlenen kök bakterileri geniş bir besin yelpazesine sahiptirler ve birçok kök eksudat komponentini besin kaynağı olarak kullanabilirler. Adaptasyon özellikleri yüksektir. Besini hızlı alır ve hızlı bir şekilde kullanırlar. Agresiv bir kolonizasyon yeteneğine sahiptirler. Özel kolonizasyon yetenekleri ile rizosferde bulunan diğer bakterilere göre daha hızlı gelişirler. Bu gibi özellikleri kök bakterileri (KB)'nin biyolojik savaş ajanı olarak seçilmelerinde belirleyici kriterler olarak kullanılır (Sood, 2003; Akköprü & Demir, 2005).

Yukarıda bahsedilen özellikleri ile iyi bir biyolojik savaş elemanı olan KB'ler, toprak kökenli bitki patojenlerine karşı konukçusunu koruyabilme yeteneğine sahiptir. Bu etkinlik alanları tam olarak açıklığa kavuşmasa da olası bazı mekanizmalar ortaya konabilmiştir:

Antibiyosis; bir mikroorganizmanın, başka bir mikroorganizma tarafından üretilen metabolitler ile engellenmesi ya da yıkıma uğratılmasına denir (Bora vd., 2004). Biyolojik savaş elemanı bakteriler çeşitli enzim ve metabolitler içeren antifungal komponentler üretirler. Kök bakterileri ise birçok ikincil metabolit üretme yeteneğine sahiptir örneğin; lipidler ve ilişkili komponentleri, pseudomonic asit, phenazine, pyrrolnitrin, peptitler, amino asitler, enzimler ve Floresant pigmentler (Chin-A-Woeng vd., 2000; Akköprü & Demir, 2005).

Rekabet; konukçu bitki rizosferinde bitki patojeni mikroorganizmalar ile biyolojik savaş elemanı kök bakterileri arasında sınırlı olan yer ve besin için rekabet oluşabilir. Rizosfer *yüzeyinde kolonizasyon için uygun yerler, özellikle epidermal hücrelerin kesiştikleri bölgeler, için rekabet halinde tespit edilmiş fakat KB'lerin agresif kolonizasyon yeteneği ile üstünlük sağlayabildikleri* belirtilmiştir (Chin-A-Woeng vd., 2000; Lagopodi vd., 2002).

KB'ler ihtiyaç duydukları besini bulundukları uygun yer ve güçlü rekabet yetenekleri ile elde ederler ve besin rekabetinde avantajlıdırlar. Karbon, nitrojen ve demir gibi ihtiyaç duydukları besinler için rekabetleri, fungal patojenlerin toprak propagüllerinin çimlenme ve gelişme yeteneklerini azaltarak, genel biyokontrol özelliği gösterebilir (Akköprü & Demir, 2005).

Dayanıklılık sistemlerinin uyarılması; bitkilerin patojenlere karşı sahip oldukları savunma mekanizmaları, spesifik bir uyarıcı tarafından tetiklenmesi ile aktive olurlar. Patojen olmayan kök bakterilerinin bazı strainleri, bitkide Uyarılmış Sistemik Dayanıklılık (ISR= Induced Systemic Resistance) adı verilen bir dayanıklılığın ortaya çıkmasına neden olur.

PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria)'ların konukçu bitki fizyolojisi üzerindeki bu etkisi sonucu, konukçu savunması ile ilişkili kompanantların üretimini arttırabilir. Bitkideki jasmonik asit ve etilen uyarılması ile NPR1 geninin aktivasyonu sonucu ISR'nin oluştuğu belirlenmiştir (Kloepper vd., 1993). Uyarılmış dayanıklılık her zaman sistemik olarak meydana gelmez, Lokal Kazanılmış Dayanıklılık (LAR= Local Acquired Resistance) ise sadece uyarılan dokularda ortaya çıkan dayanıklılık tipidir. Uyarılmış dayanıklılık, bazı kimyasallar, avirulent patojen ırkları, non-patojenler tarafından ya da çevre koşulları yolu ile enfeksiyon durdurulduğu durumlarda virulent patojenler tarafından başlatılıyorsa Sistemik Kazanılmış Dayanıklılık (SAR= Systemic Acquired Resistance) diye adlandırılır. SAR'da salisilik asit ve hastalık oluşumu ile ilgili proteinler (PR= Pathogenesis Related)'in birikmesi karakteristiktir (Bora vd., 2004). Bitkideki bu dayanıklılık mekanizmalarının aktivasyonu sonucu pek çok fungal, bakteriyel ve viral etmene karşı etkinlik saptanmıştır. Bu mekanizmaları uyarmada kök bakterileri önemli bir yere sahiptirler.

Bitki Gelişimini Uyarma (PGPR) Etkisi; bazı kök bakterileri aynı zamanda bitki gelişimini uyaran ve hastalıklara dayanıklılık sağlayan PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) grubu içinde de yer alırlar. PGPR'lar bitki gelişimini düzenler ve bitki patojenlerinin biyolojik kontrolünü sağlayabilirler. Bunu direkt olarak bitki hormonlarının üreterek veya birikimini sağlayarak ya da dolaylı olarak, farklı kompostları sentezlemek yoluyla patojenleri engelleyerek bitki gelişimini uyarabilirler (Kloepper, 2003; Hassan vd., 2019).

Rizosferde bilinen kök patojenlerinin dışında, gözle görülür bir semptomu sebep olmayan fakat bitki gelişimini engelleyen ve zararlı mikroorganizmalar (deleterious rhizobacteria-DRB) diye adlandırılan rizosfer üyeleri de mevcuttur. Kök bakterileri çeşitli antagonistik etkileri (kolonizasyon yetenekleri, antibiyosis, rekabet) ile DRB'leri baskı altına alarak bitki gelişimini teşvik ederler (Akköprü & Demir, 2005).

2.2.3. PGPF (Plant Growth Promoting Fungi) Mikroorganizmalar

Son yıllarda tarımsal ekosistemlerde önemli yer tutan yeni ve yerleşik uygulamalar tarım ürünlerinin verimini arttırmaktadır. Bununla beraber özellikle konvansiyonel tarımın kurgusu çevre üzerinde yıkıcı bir etki yaratmaktadır. Günümüzde modern tarımın karşı karşıya olduğu en önemli zorluk, verim, kalite ve kantite artışını çevre dostu anlayışa paralel bir şekilde sağlamak kaygısından ileri gelmektedir. Bu kaygı, çevre dostu çözümler bulma konusunda hızlı hareket edilmesini gerektirmektedir (Adedoya & Babalola, 2023).

Çeşitli kültür bitkilerinin rizosfer topraklarında yaşayan bitki büyümesini teşvik eden funguslar (PGPF), bitki hastalıklarını engellemede etkili ve ekoloji dostu mikroorganizma gruplarından biridir. Bu mikroorganizmaların bitkilerde savunma mekanizmalarını ve büyümeyi geliştirdikleri bilinmektedir. PGPF uygulamaları bitkisel üretim alanlarındaki

tarımsal alanlarda kullanılan kimyasalların kullanımını baskılar ve aynı şekilde bitkileri biyotik ve abiyotik streslerden korur. *Trichoderma Gliocladium, Penicillium, Phoma, Phytophthora, Talaromyces*, önemli PGPF cinsleri arasındadır. PGPF bitkilerde; patojen mikroorganizmalar ile yer ve besin rekabetine girerek, onlara karşı antagonistik veya biyokontrol etkisi göstererek, büyüme hormonu üreterek, mineral madde çözünürlüğünü artırarak ve bitkilerde uyarılmış sistemik direnç (ISR) oluşturarak dolaylı veya direkt yollardan bitkiye katkı sağlarlar (Malgioglio vd., 2022; Adedoya & Babalola, 2023).

***Trichoderma* spp.**

Trichoderma türleri, dünya'nın her tarafında geniş bir şekilde yayılmış olup, hemen hemen tüm toprak ve doğal habitatlarda bulunur ve rizosfer mikrobiyal çeşitliliğinde önemli yer tutan PGPF grubu mikroorganizmaların başında gelmektedir (Aydın, 2015; Zin & Badaluddin, 2020). *Trichoderma* spp. bitki patojeni mikroorganizmaların büyümesini önemli ölçüde baskılayarak bitki büyüme oranını düzenlemektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar kök çürüklüğü, çökerten, solgunluk, meyve çürüklüğü gibi yaygın bitki hastalıklarının *Trichoderma* spp. tarafından kontrol edilebileceğini göstermiştir (Benítez vd., 2004; El Komy vd., 2015). *Trichoderma* spp. tarafından salgılanan ikincil metabolitler, patojen mikroorganizmaların büyümesini baskılayarak bitki büyümesini teşvik etmede rol oynamaktadır (Contreras-Cornejo vd., 2016). Söz konusu hastalıkların baskılanmasında antibiyotikler, mikoparazitizm, besin maddeleri için rekabet ve bitkilerde sistemik direncin uyarılması mekanizmalarının etkin olduğu bilinmektedir. Ayrıca, bitki ve *Trichoderma* spp. arasındaki etkileşim kök mimarisini başarılı bir şekilde düzenleyerek, yan ve birincil kök uzunluğunu artırmaya bunu takiben de bitki tarafından daha fazla besin alımına etki etmektedir (Zin & Badaluddin, 2020).

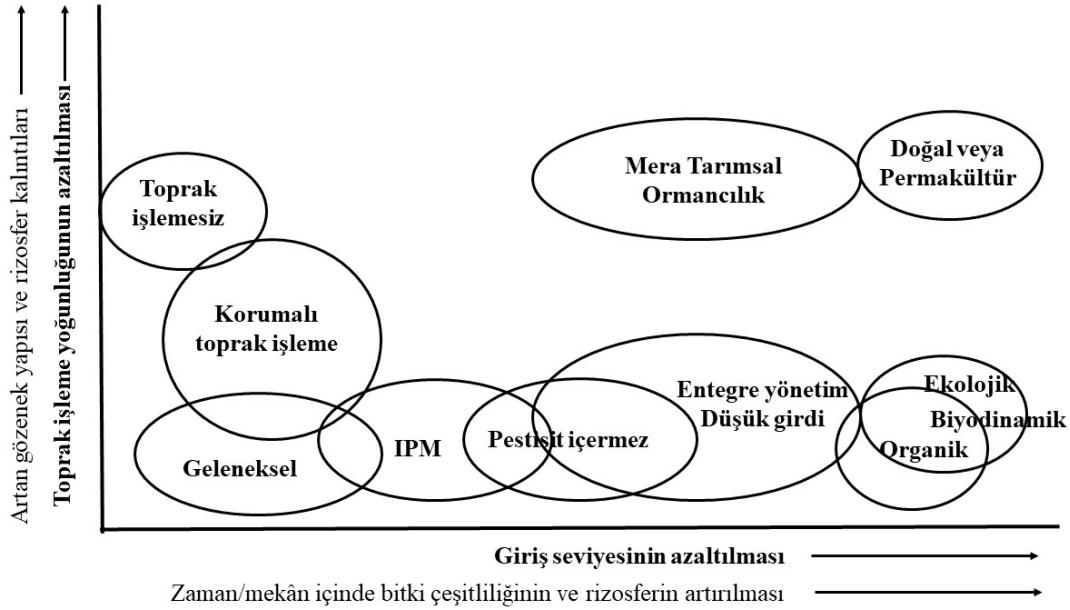
Trichoderma spp. hastalıkların azaltılması ve bitki gelişiminin iyileştirilmesindeki rolünün yanı sıra atık/organik maddelerin ayrıştırılmasında ve kirli alanların detoksifikasyonunda da (biyoremediasyon) kullanılmaktadır (Ahlawat vd., 2010; Didwania vd., 2019).

3. RİZOSFER BİYOÇEŞİTLİLİĞİNİN AZALMASINA NEDEN OLAN FAKTÖRLER

Rizosfer biyoçeşitliliği, toprak sağlığının korunmasında ve tarımsal verimliliğin desteklenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, çeşitli faktörler rizosfer biyoçeşitliliğinin azalmasına neden olabilir ve bu azalmaların tarım üzerinde önemli etkileri olabilir.

3.1. Tarımsal Uygulamalar

Yoğun tarımsal faaliyetlerin toprak biyoçeşitliliğinin kaybına yol açtığı bildirilmekte ve çevresel bozulmanın kaynağı olarak gösterilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Tarımsal yönetim yoğunluğundaki varyasyon ve rizosferdeki sonuçları (Drinkwater & Snapp, 2007).

Geleneksel tarım uygulamaları; istenmeyen bitki örtüsünün yangınlar, toprak işleme ve sürme yoluyla ortadan kaldırılması; bilinçsiz ve orantısız herbisit, gübre ve pestisit kullanımı ve bu uygulamaların son yarım yüzyılda yoğunlaşması, en önemli çevresel tehditlerden biri olan biyolojik çeşitliliğin büyük ölçüde kaybına yol açmıştır (Barros-Rodríguez vd., 2021). Söz konusu kayıplar toprak ekosisteminin en önemli kısmını temsil eden rizosferde de kendini göstermiştir.

3.1.1. Monokültür Tarım

Aynı ürünün aynı toprağa tekrar tekrar ekilmesi, belirli besin maddelerinin tükenmesine ve rizosfer mikrobiyomunda dengesizliğe yol açarak biyoçeşitliliği azaltabilir. Monokültür bir ürün saldırılara karşı savunmasızdır, çünkü bir tarlaya giren zararlı ve/veya patojenlerden biri (veya bir çifti), arada hiçbir taşıma mesafesi olmadan sürekli yüksek bir besin konsantrasyonuna sahip olacaktır (Andrén & Kätterer, 2008). Bitki türlerinin çeşitliliği sonradan yetişen bitki türlerinin rizosferlerinde bir araya gelen toprak mikroorganizmalarının çeşitliliğini artıran bir miras bırakmaktadır. Dolayısı ile monokültür bitkiler ve toprak mikrobiyal toplulukları tarlada uzun süre birlikte geliştiğinde, daha sonra yetiştirilen bitkilerle ilişkili rizosfer mikroorganizma topluluklarının çeşitliliği ve bileşiminin farklılaşabileceği ifade edilmektedir (Schmid vd., 2019; Cappelli vd., 2022).

3.1.2. Yoğun Toprak İşleme

Agresif toprak işleme uygulamaları toprağın fiziksel yapısını bozar, mikrobiyal toplulukları rahatsız eder ve onları olumsuz koşullara maruz bırakarak biyoçeşitliliğin azalmasına neden olur.

Yabancı otları ve diğer istenmeyen bitkileri ortadan kaldırmak ve ekim alanında tohum yatağı hazırlamak için toprağın yüzey katmanlarının alt üst edilmesi yaygın bir tarımsal uygulamadır. Her iki uygulama da toprağın havalandırılmasına ve gübre eklendiğinde karıştırılmasına katkıda bulunan toprak işleme veya sürme ile gerçekleştirilir. Ancak, toprak işleme ve çift sürme toprağın biyolojik ve kimyasal özelliklerini değiştirerek toprak nemini ve organik madde içeriğini azaltır ve toprak mikroorganizmalarının popülasyonunu olumsuz etkiler (Drinkwater & Snapp, 2007; Barros-Rodríguez vd., 2021).

3.1.3. Sulama

Sulama sistemleri ekosistemleri sellere benzer bir şekilde değiştirir, ancak sulamanın bitkiler üzerindeki etkileri, suyun bitkileri örtmesini engelleyen oluklar veya sırtlar kullanılarak hafifletilmiştir. Kurak ve yarı kurak bölgeler gibi yağmur suyunun tarım için yetersiz olduğu bölgeler sulama sistemlerine bağlıdır ve bunların toprak mikrobiyotası üzerinde önemli bir etkisi vardır. Sürekli ve düzensiz sulama toprakta besin maddelerinin kaybına neden olduğu ve depolanan karbonun %16'sının $\text{NH}_4\text{-N}$ 'nin ise yaklaşık olarak üçte birinin topraktan kayıp olduğu ifade edilmektedir. Toprağın özellikle rizosfer bölgesinin besin içeriğindeki bu değişiklikler mikrobiyal (bakteri ve fungus) topluluğu da etkilemektedir. Besin maddesi azalmasına rağmen, mikrobiyal zenginlik ve çeşitlilik, su kullanılabilirliğindeki artış nedeniyle genel olarak artar. Günümüzde, çeşitli sulama sistemleri atık su arıtma tesisleriyle ilişkilendirilmekte ve bu da topraktaki toplam azot ve organik maddenin artmasına neden olmaktadır. Ancak, besin maddelerindeki bu artışa rağmen, bu toprakların mikrobiyotası, cıva dahil ağır metaller gibi bazı kirleticilerin varlığı ve insan kaynaklı mikroorganizmaların girişi nedeniyle azalmaktadır (Sorensen vd., 2013; Barros-Rodríguez vd., 2021).

3.2. Yangınlar

Yangınlar, ekosistemi temelden etkileyerek hem bitki hem de hayvan biyolojik çeşitliliğinde önemli bir kayba neden olmaktadır. Ayrıca bu yangınlar, yangın şiddeti ve toprak türünün bir fonksiyonu olarak toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerinde değişikliklere yol açmaktadır. Toprak özelliklerindeki bu değişikliklere, toprak organik maddesinin kimyasal oksidasyonunu tetikleyen ve dolayısıyla toprağın mikrobiyal bileşimini etkileyen ısı neden olmaktadır. Anız yakma işleminde meydana gelen bu durum orman yangınları sırasında da görülebilmektedir. Tarlalarda anız yakma işlemi, özellikle üst toprak katmanında toprak sıcaklığını, nemini ve organik madde içeriğini önemli ölçüde değiştirirken, bu değişiklik

mikrobiyal biyokütle ve çeşitlilikte de ani bir düşüşe neden olmaktadır (Arunrat vd., 2023). Orman yangınlarının ise, azot döngüsünde yer alan bakteri toplulukları üzerinde etkisi olduğu ve nitrojenaz redüktaz enzimini kodlayan nifH geninin çeşitliliğinde bir kayba neden olduğu ve azot döngüsü üzerindeki bu etkinin, orman yangınından önce toprakta bulunan bitkilerin türüne bağlı olduğu da ifade edilmektedir (Cobo-Díaz vd., 2015).

3.3. Toprak erozyonu

Toprak erozyonu organik madde ve mikrobiyal yaşam açısından zengin olan üst toprak tabakasını ortadan kaldırarak biyoçeşitlilik kaybına yol açabilir. Organik maddelerin ayrışmasında önemli rol oynayan mikroorganizmaların ana yaşam alanlarından biri olan toprak aynı zamanda karbon, azot, fosfor ve kükürt içeren toprak besin maddelerinin döngüsüne ve dönüşümüne yardımcı olan mikroorganizmalar da ev sahipliği yapmaktadır. Bu besin maddeleri, toprak erozyonu nedeniyle bozulmadıkları sürece tarımsal verimliliğin artışına katkı sağlarlar. Tarım arazilerinden toprak kaybı, toprak verimliliğini azaltmanın yanı sıra çevresel etkilere de neden olabilir. Toprak verimliliği, topraktaki organik madde, bitki köklenme derinliği ve bitki tarafından kullanılabilir su rezervleri toprak erozyonu nedeniyle azalırken, toprağın fiziksel olarak bozulması, kök derinliğini, su varlığını ve besin rezervlerini azaltarak bitkinin büyümesini ve verimini etkiler. Böylece, toprağın organik karbon, azot, fosfor ve potasyum içeriklerini ve toprak pH'ını etkileyerek verim kaybına yol açar (Asuoha vd., 2019; Qiu vd., 2021).

3.4. Kimyasal Girdiler

3.4.1. Pestisitler ve Herbisitler

Sentetik kimyasalların kullanımı, yararlı toprak organizmalarına doğrudan zarar vererek veya besin zincirini bozarak dolaylı olarak etkileyerek rizosfer biyoçeşitliliği üzerinde zararlı etkilere sebep olabilir. Herbisitler, tarımsal üretim alanlarında istenmeyen yabancı otlara ve kendi gelen bitkilere karşı yoğun olarak kullanılmaktadır. Genel ve seçici özelliklere sahip olan herbisitler yapılarındaki klor, fosforik asit, hidroksit, oksijen, sülfonil, aminler vb. dahil olmak üzere çok sayıda elektronegatif kalıntı nedeniyle yüksek oksidatif potansiyele sahiptir. Bu artan oksidatif potansiyel ve diğer moleküler etkileşimler, diğer fotosentetik organizmalar, parçalayıcılar, birincil ve ikincil avcılar, çeşitli toprak mikroorganizmaları ve ayrıştırıcılar da dahil olmak üzere hedef olmayan organizmaları da etkilemektedir. Bunun yanı sıra bitkisel üretimi sınırlandıran ve azaltan bitki patojeni fungus, nematod, zararlı böcek ve kemirgenleri öldürmek için kullanılan pestisitler, kullanıldıkları alanın biyolojik çeşitliliğini değiştirerek, özellikle toprak mikroorganizmaları üzerinde radikal ve geri dönüşmez olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Barros-Rodríguez vd., 2021).

3.4.2. Sentetik Gübreler

Sentetik gübrelerin aşırı kullanımı topraktaki besin dengesini değiştirebilir, bazı mikrobiyal türleri desteklerken diğerlerini engelleyerek biyoçeşitliliğin azalmasına yol açabilir. Sentetik gübrelerin kullanılması tarım tarihindeki önemli dönüm noktalarından biridir. Toprağa gübre ilavesiyle topraktaki bazı kimyasal elementlerin konsantrasyonu artmış ve bu da bitkilerin büyümesine yardımcı olmuştur. Gübrelerde bulunan en yaygın elementler, farklı oranlarda azot, fosfor ve potasyumdur. Birçok toprakta bu elementlerin eksikliği ya da azlığı bitkilerin verimliliğini sınırlamaktadır. Bununla birlikte, gübre ilavesiyle bitkilerin büyüme performansındaki artış, işlenen alandaki bitki biyoçeşitliliğinde azalmaya da neden olmaktadır. Gübre ilavesi nedeniyle bitki biyoçeşitliliğindeki azalma, rizosfer bölgesindeki mikroorganizma biyoçeşitliliğinde de (bakteri ve fungus) azalmaya neden olur. Ayrıca, bu gübrelerin ilavesi topraktaki mevcut karbon oranını, pH'ı ve toprak ozmolaritesini etkilerken, belirli iyonların varlığı nedeniyle toksisite yaratarak bazı mikroorganizmaların popülasyonunda azalmaya veya artışa neden olmaktadır (Barros-Rodríguez vd., 2021).

3.5. İklim Değişikliği

Günümüzde iklim değişikliği küresel olarak artmakta ve ekosistemde önemli değişikliklere neden olmaktadır. Bu değişikliklerin başlıca sonuçları arasında atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun artması, yüksek sıcaklıklar ve dünyanın çeşitli bölgelerinde yağış düzeninin değişmesi yer almaktadır. İklimsel sapmalar ilerledikçe, tarımsal ürünler için zararlı olan çeşitli biyotik ve abiyotik streslerde artış görülmektedir. Ayrıca, değişen iklim modelleri hidrolojik döngüyü ve su mevcudiyetini bozarak tarımsal üretim üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır (Kashyap vd., 2018). Sıcaklık ve ışık değişiklikleri fotosentetik hızı ve fotosentatların translokasyonunu azaltırken transpirasyonu artırmaktadır. Yüksek CO₂ konsantrasyonu da farklı bitki türleri üzerinde değişken etkilere sahiptir. Ayrıca, azalan veya artan yağış, hücre büyümesi ve protein sentezi üzerinde yapmış olduğu etkilerle bitkinin metabolik faaliyetlerinin azalmasına ve patojen mikroorganizmaların bitki üzerinde baskı kurmasına neden olur. Değişen iklim koşullarının uzun vadede bitkiler üzerinde radikal etkilere sahip olacağı kaçınılmaz bir durumdur. Dolayısıyla bu etkiler toprak mikroorganizmaları üzerinde de belirleyici olmaya devam edecektir (Classen vd., 2015). Bu etkileri sıralayacak olursak;

- Sıcaklık ve yağış düzenindeki değişiklikler rizosfer topluluklarının bileşimini ve faaliyetlerini etkileyerek biyoçeşitlilikte değişimlere yol açabilir. Toprak ısınması ve kuraklık koşulları, AFM gibi önemli simbiyontların rizosferdeki bitki besin maddesi alımı ve karbonhidrat değişimi üzerinde dolaylı bir etki oluşturmaktadır.
- Yüksek CO₂ seviyeleri bitki fizyolojisini ve metabolizmasını değiştirir ve ayrıca rizosferik ve filosferik koşullarda mikrobiyal topluluk üzerinde doğrudan ve dolaylı etkiyi uyarır. Atmosferik CO₂, toprak ortamındaki kök salgılarının karbon dağılımını ve bileşimini düzenlemede çok önemlidir.

- Artan UV radyasyonları atmosferdeki stratosferik ozon içeriğini azaltarak iklim değişikliğine etki etmektedir. Bu değişiklikler de bitkiler ve ilgili mikroorganizmalar üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir.
- Abiyotik stresleri de içeren iklimsel değişiklikleri, bitki büyümesi ve üretimi üzerinde etkiye sahiptir ve bu durum ayrıca hastalık gelişimini de etkilemektedir (Glick vd., 2007).
- Rizosferik bölgede yaşayan mikroorganizmalar, temelde bitkilerde biyotik ve abiyotik stres artışına neden olan iklim değişikliğinin zararlı etkilerini azaltmada önemli bir rol oynamaktadır (Rodriguez & Durán, 2020). Bu nedenle, iklim değişikliğinin olası olumsuz etkilerini azaltma yaklaşımları çevresel sürdürülebilirlik, üretim ve bitkilerin iklimsel sapmalardan korunması için önemli bir adımdır.

İklim değişikliği, küresel endişe yaratan eşzamanlı bir olgudur. İklimsel olumsuzluklardaki artış ve mevcut iklim modellerindeki değişiklik bitki ve mikrobiyal büyümeyi olumsuz etkilediğinden, küresel bazda gıda güvenliği açısından endişe yaratmaktadır. İklim değişikliğinin olumsuz etkisi, ekolojik nişlerdeki mikrobiyal yapı ve işleyiş için de bir risk faktörüdür. Dolayısıyla çevre dostu bir ortamı koruyarak sürdürülebilir tarımsal verimi artırmak için rizosfer biyoçeşitliliğinin ne ölçüde manipüle edebileceğinin araştırılması gerekmektedir (Sharma vd., 2022).

4. SONUÇ

Tarım; bitki, hayvan ve mikrobiyal biyoçeşitliliğin azaltılması ve çevrenin değiştirilmesi açısından önemli bir mekanizmayı temsil etmektedir. Nüfus artışı, artan nüfusun taleplerini karşılamak için tarımsal üretimde sürekli bir artış gerektiği anlamına da gelmektedir. İnsan nüfusunun artan gıda talebiyle başa çıkma baskısı çevresel etkiyi yoğunlaştırmıştır ve biyoçeşitlilikteki azalmayı da maalesef hızlandırmıştır. Yoğun tarımsal uygulamalar, biyolojik çeşitliliğin daha fazla kaybına yol açarken, bu durum kendi içinde bir paradoks oluşturup biyoçeşitlilik kaybı tarımsal üretim üzerine de olumsuz yansımaktadır. Bu olumsuzluklar; besin döngüsü süreçlerinin bozulması veya aksaması, bitkilerde patojen mikroorganizma baskısının artması, toprak yapısı ve sağlığının bozulması ve bitkilerin abiyotik stres faktörlerine toleransının azalması olarak sayılabilir.

Sonuç olarak, rizosfer biyoçeşitliliğinin çeşitli faktörlere bağlı olarak azalmasının tarım üzerinde derin etkileri olabilir; toprak sağlığını, ürün kalite ve kantitesini, verimi ve tarım sistemlerinin sürdürülebilirliğini etkileyebilir. Ürün rotasyonu, azaltılmış toprak işleme, organik tarım ve kimyasal girdilerin akılcı kullanımı gibi rizosfer biyoçeşitliliğini koruyan ve geliştiren uygulamaların teşvik edilmesi, çevresel zorluklar karşısında toprak verimliliğinin ve tarımsal direncin korunması için çok önemlidir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Adedoya, A., & Babalola, O. O. (2023). Fungi That Promote Plant Growth in the Rhizosphere Boost Crop Growth. *Journal of Fungi*(9), 239-263.
- Ahlawat, O., Gupta, P., Kumar, S. S., & Ahlawat, K. (2010). Bioremediation of fungicides by spent mushrooms substrate and its associated microflora. *Indian Journal of Microbiology*(50), 390-395.
- Akköprü, A., & Demir, S. (2005). Biological Control of *Fusarium Wilt* in Tomato Caused by *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* by AMF *Glomus intraradices* and some Rhizobacteria. *Journal of Phytopathology*(153), 544-550.
- Andrade, G., & Linderman, R. B. (1998). Bacterial associations with the mycorrhizosphere and hyphosphere of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. *Plant Soil*(202), 79-87.
- Andrén, O., & Kätterer, T. (2008). Agriculture Systems. *Encyclopedia of Ecology*, 96-101.
- Arunrat, N., Sereenonchai, S., Sansupa, C., Kongsurakan, P., & Hatanao, R. (2023). Effect of rice straw and stubble burning on soil physicochemical properties and bacterial communities in Central Thailand. *Biology*(12), 501-523.
- Asuoha, G. C., Uchenna, P. O., Phil-Eze, P. O., & Ayadiuno, R. U. (2019). The Impact of Soil Erosion on Biodiversity Conservation in Isiala Ngwa North LGA, Southeastern Nigeria. *Sustainability*(11), 7192.
- Aydın, M. H. (2015). Bitki Fungal Hastalıklarıyla Biyolojik Savaşta Trichoderma'lar. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*(2), 135-148.
- Azcón-Aguilar, C., & Barea, J. (2015). Nutrient cycling in the mycorrhizosphere. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 25(2), 372-396.
- Bais, H. P., Weir, T. L., Perry, L. G., Gilroy, S., & Vivanco, J. M. (2006). The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annual Review Plant Biology*, 233-266.
- Barea, J., Azcon, R., & Azcon-Aguilar, C. (2002). Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antonie van Leeuwenhoek*(81), 343-351.
- Barea, J., Pozo, M., Azcón, R., & Azcón-Aguilar, C. (2013). Microbial interactions in the rhizosphere. *Molecular Microbial Ecology of the Rhizosphere*, 1, 29-44.
- Barros-Rodríguez, A., Rangseekaew, P., Lasudee, K., Pathom-aree, W., & Manzanera, M. (2021). Impacts on the Environment and Soil Microbial Biodiversity. *Plants*(10), 2325.
- Bashir, O., Khan, K., Hakeem, K., Mir, N. A., Rather, G. H., & Mohiuddin, R. (2016). Soil Microbe Diversity and Root Exudates as Important Aspects of Rhizosphere Ecosystem. *Plant, Soil and Microbes*, 337-359.

- Benítez, T., Rincón, A., Limón, M., & Codon, A. (2004). Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology* (7), 249-260.
- Bora, T., Ozaktan, H., Gore, E., & E., A. (2004). Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* by wettable powder formulations of the two strains of *Pseudomonas putida*. *Journal of Phytopathology*(152), 471-475.
- Boyno, G., & Demir, S. (2022). Plantmycorrhiza communication and mycorrhizae in interplant communication. *Symbiosis* (86), 155-168.
- Cappelli, S. L., Domeignoz-Horta, L. A., Loaiza, W., & A., L. (2022). Plant biodiversity promotes sustainable agriculture directly and via belowground effects. *Trends in Plant Science*, 27(7), 675-687.
- Chakraborty, N., Mukherjee, K., Sarkar, A., & Acharya, K. (2019). Interaction between Bean and *Colletotrichum gloeosporioides*: Understanding Through a Biochemical Approach. *Plants*(8), 345-267.
- Chin-A-Woeng, T. F., Bloemberg, G. V., Mulders, H. M., Dekkers, L. C., & Ben Lugtenberg, J. J. (2000). Root colonization by phenazine-1- carboxamide-producing bacterium *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391 is essential for biocontrol of tomato foot and root rot. *Molecular Plant Microbe Interactions*(13), 1340-1345.
- Cobo-Díaz, J., Fernández-González, A., Villadas, P., Robles, A., Toro, N., & Fernández-López, M. (2015). Metagenomic assessment of the potential microbial nitrogen pathways in the rhizosphere of a Mediterranean forest after a wildfire. *Microbial Ecology*(69), 895-904.
- Contreras-Cornejo, H., Macías-Rodríguez, L., del-Val, E., & Larsen, J. (2016). Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. *FEMS Microbiology Ecology*(92), 25-38.
- Demir, S. (1998). Bzi kültür bitkilerinde vesiküler arbusküler mikorhiza (VAM) oluşumu ve bunun bitki gelişimi ve dayanıklılıktaki rolü üzerinde araştırmalar. *Ege Üniv. Fen Bilimleri Ens.*, Doktora Tezi, 1-31.
- Demir, S., & A., A. (2007). Using of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) for biocontrol of soil-borne fungal plant pathogens. S.B. Chincholkar & K.G. Mukerji in, *Biological Control of Plant Diseases* (17-37). New York: Haworth Press
- Dessaux, Y., Hinsinger, P., & Lemanceau, P. (tarih yok). Rhizosphere: so many achievements and even more challenges. *Plant Soil*(321), 1-3.
- Didwania, N., Gupta, K., Gupta, S., & Bisen, R. (2019). Bio-intensive approaches in the management of fungal diseases of oil yielding crops. *Bio-intensive Approaches - Application and Effectiveness in Plant Disease Management*, 333-356.
- Dlamini, S. P., Akanmu, A. O., & Babalola, O. O. (2022). Rhizospheric microorganisms: The gateway to a sustainable plant health. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 1-17.

- Drinkwater, L. E., & Snapp, S. (2007). Understanding and managing the rhizosphere in agroecosystems. *The Rhizosphere: An Ecological Perspective*, 127-154.
- El Komy, M., Saleh, A., Eranthodi, A., & Molan, Y. (2015). Characterization of novel *Trichoderma asperellum* isolates to select effective biocontrol agents against tomato Fusarium wilt. *Plant Pathology Journal*(31), 50-60.
- Enagbonma, B. J., Ajilogba, C. F., & Babalola, O. O. (2020). Metagenomic profiling of bacterial diversity and community structure in termite mounds and surrounding soils. *Arch. Microbiol.*(202), 2697-2709.
- Gupta, R., Singh, A., Srivastava, M., Shanker, K., & Pandey, R. (2019). Plant-microbe interactions endorse growth by uplifting microbial community structure of *Bacopa monnieri* rhizosphere under nematode stress. *Microbiology Research*(218), 87-96.
- Hartmann, A., Rothballer, M., & Schmid, M. (2008). Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research. *Plant Soil*, 312, 7-14.
- Hawkes, C. V., DeAngelis, K. M., & Firestone, M. K. (2007). Root interaction with soil microbial communities and processes. Z. G. Cardon & J. L. Whitbeck in *The Rhizosphere: An Ecological Perspective*, (1-30). London: Elsevier.
- Hinsinger, P., Gobran, G., R., G., J., P., & Wenzel, W. W. (2005). Rhizosphere geometry and heterogeneity arising from root-mediated physical and chemical processes. *New Phytologist*, 293-303.
- Hou, M. P., & Oluranti, B. O. (tarih yok). Evaluation of plant growth promoting potential of four rhizobacterial species for indigenous system. *J. Central South Univ.*(1), 164-171.
- Igiehon, N. O., & Babalola, O. (tarih yok). Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1-11.
- Igiehon, N., & Babalola, O. (2017). Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied of Microbial Biotechnology*, 1-17.
- Jilling, A. K., & al., e. (2018). Minerals in the rhizosphere: overlooked mediators of soil nitrogen availability to plants and microbes. *Biogeochemistry*(139), 103-122.
- K., H. M., McInroy, J. A., & Kloepper, J. W. (2019). The Interactions of Rhizodeposits with Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in the Rhizosphere: A Review. *Agriculture*(142), 1-13.
- Kloepper, J. W. (2003). Review of Mechanisms for Plant Growth Promotion by PGPR. *PGPR Workshop, 5-10 October 2003, Calcutta, India, 2003.*, 10-21.
- Kloepper, J. W., Tuzun, S., Liu, L., & Wei, G. (1993). Plant growth-promoting rhizobacteria as inducers of systemic disease resistance. *Pest Management: Biologically Based Technologies*, 156-165.
- Lagopodi, A. L., Ram, A. F., & Lamers, G. E. (2002). Novel aspects of tomato root colonization and infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* revealed by confocal laser scanning microscopic analysis using the green fluorescent protein as a marker. *Molecular Plant Microbe Interactions*(15), 172-179.

- Lugtenberg, B., & Dekkers, L. C. (1999). What makes *Pseudomonas* Bacteria Rhizosphere Compepent? *Environmental Microbiology*, 1(1), 9-13.
- Lynch, J., & Whipps, J. (1990). Substrate flow in the rhizosphere. *Plant Soil*(129), 1-10.
- Ma, W., Tang, S., Dengzeng, A., Zhang, D., Zgang, T., & Ma, X. (2022). Root exudates contribute to belowground ecosystem hotspots: A review. *Frontiers in Microbiology*, 1-19.
- Malgioglio, G., Rizzo, G., Nigro, S., Lefebvre Du Prey, V., Herforth-Rahmé, J., Catara, V., & Branca, F. (2022). Plant-Microbe Interaction in Sustainable Agriculture: The Factors That May Influence the Efficacy of PGPM Application. *Sustainability*(14), 2253.
- Manoharachary, C., & Mukerji, K. (2006). Rhizosphere Biology – an Overview. K.G. Mukerji, C. Manoharachary & J. Singh in *Microbial Activity in the Rhizosphere* (1-16). Berlin: Springer.
- Manteghi, A., Rezaee Danesh, Y., Hesar, A. M., Demir, S., Boyno, G., Catani, L., & Semprucci, F. (2022). Is the Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Funneliformis mosseae* a Suitable Agent to Control *Criconeematid* Populations? *Diversity*(14), 898.
- Marschner, H., & Dell, B. (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil*(159), 89-102.
- Martinez-Viveros, O., Jorquera, M., Crowley, D., Gajardo, G., & Mora, M. (2010). Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*(10), 293-319.
- Moscatiello, R., Sello, S. N., Negro, A., Bonfante, P., & Navazio, L. (2014). The intracellular delivery of TAT-aequorin reveals calcium- mediated sensing of environmental and symbiotic signals by the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita*. *New Phytologist*(203), 1012-1020.
- Mukerji, K., Manoharachary, C., & Singh. (2006). Rhizosphere Biology - an Overview. *Microbial Activity in the Rhizosphere*, 1-12.
- Nicolitch, O., Colin, Y., Turpault, M. P., & Uroz, S. (tarih yok). Soil type determines the distribution of nutrient mobilizing bacterial communities in the rhizosphere of beech trees. *Soil Biology and Biochemistry*(103), 429-445.
- Pascual, J., Blanco, S., Garcia-Lopez, M., Garcia-Salamanca, A., Bursakov, S. S., Genilloud, O., van Dillewijn, P. (2016). Assessing bacterial diversity in the rhizosphere of *Thymus zygis* growing Sierra Nevada National Park (Spain) through culture-dependent and independent approaches. *PLoS One*(11), 46-56.
- Qiu, L., Zhang, Q., Zhu, H., Reich, P. B., Banerjee, S., van der Heijden, M. G., & Wei, X. (2021). Erosion reduces soil microbial diversity, network complexity and multifunctionality. *The ISME Journal*(15), 2474-2489.
- Schmid, M. V., Terhi, H., van Moorsel, S. J., Wagg, C., B., D. D., & Schmid, B. (2019). Feedbacks of plant identity and diversity on the diversity and community composition of rhizosphere microbiomes from a long-term biodiversity experiment. *Molecular Ecology*(28), 863-878.

- Schmid, M. W., Hahl, T., van Moorsel, S. J., Wagg, C., De Deyn, G. B., & Schmid, B. (2019). Feedbacks of plant identity and diversity on the diversity and community composition of rhizosphere microbiomes from a long-term biodiversity experiment. *Molecular Ecology*(28), 863-878.
- Singh, G., & Mukerji, K. G. (2006). Root exudates as determinant of rhizospheric microbial biodiversity. *Microbial Activity in the Rhizosphere*, 39-54.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). Arbuscular Mycorrhizas. S. E. Smith & D. J. Read in *Mycorrhizal Symbiosis*, (11-188). New York: Elsevier
- Sood, S. (2003). Chemotactic response of plant-growth-promoting bacteria towards roots of vesicular-arbuscular mycorrhizal tomato plants. . *FEMS Microbiology Ecology*(45), 219-227.
- Sorensen, P., Germino, M., & Feris, K. (2013). Microbial community responses to 17 years of altered precipitation are seasonally dependent and coupled to co-varying effects of water content on vegetation and soil C. *Soil Biology and Biochemistry*(64), 155-163.
- Uzoh, I., & Babalola, O. (2018). Rhizosphere biodiversity as a premise for application in bio-economy. *Agriculture, Ecosystems and Environment*(265), 524-534.
- Walker, T. S., Bais, H. P., Grotewold, E., & Vivanco, J. M. (2003). Root Exudation and Rhizosphere Biology. *Plant Physiology*(132), 44-51.
- Wei, Z., Hu, X., Li, X., Zhang, Y., Jiang, L., Li, J., & al., e. (2017). The rhizospheric microbial community structure and diversity of deciduous and evergreen forests in Taihu Lake area, China. *PLoS ONE*(12), 1-18.
- Whipps, J. M. (2002). Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*(52), 487-511.
- Zin, N. A., & Badaluddin, N. A. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*(65), 168-178.

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Semra DEMİR | Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi |
semrademir[at]yyu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-0177-7677**

Prof. Dr. Semra DEMİR Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nden 1991 yılında mezun olmuştur. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı ve Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalında sırasıyla 1994 ve 1998 yıllarında Yüksek Lisans ve Doktora çalışmalarını tamamlamıştır. Semra DEMİR Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF)'lar ile ilgili Türkiye'de ilk doktora çalışmasını yürütmüştür. AMF'ların sürdürülebilir tarım sistemlerinde kullanılması, bitki gelişimi ve dayanıklılığı üzerindeki etkisi ve biyolojik mücadele olanakları üzerinde ulusal ve uluslararası platformlarda birçok faaliyeti bulunan Semra DEMİR konu ile ilgili olarak ayrıca otuza yakın yüksek lisans ve doktora tezinde danışmanlık yapmıştır. 2011 yılında Prof. Dr. unvanını almıştır. 2005-2020 yılları arasında Ziraat Fakültesi dekan yardımcılığı ve dekanlık, 2017-2022 yılları arasında ÜAK Üniversite temsilcisi, 2021-2023 yılları arasında ise TÜBİTAK-TOVAG Danışma Kurulu üyesi görevlerinde bulunmuştur. Ayrıca Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından gönderilen yurtdışından ithal edilen mikrobiyal gübre içeriklerindeki mikroorganizma analizi Türkiye'de sadece Prof. Dr. Semra DEMİR ve ekibi tarafından yapılmaktadır.

**Prof. Dr. Semra DEMİR | Van Yüzüncü Yıl University |
semrademir[at]yyu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-0177-7677**

Prof. Dr. Semra DEMİR graduated from Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection in 1991. She completed her MSc and PhD studies at Van Yüzüncü Yıl University, Institute of Science, Department of Plant Protection and Ege University, Institute of Science, Department of Plant Protection in 1994 and 1998, respectively. Semra DEMİR conducted the first PhD study on Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) in Turkey. Semra DEMİR, who has many activities in national and international platforms on the use of AMFs in sustainable agricultural systems, their effects on plant development and resistance and biological control possibilities, has also supervised nearly thirty master's and doctoral theses on the subject. In 2011, she received the title of Prof. Dr. She served as vice dean and dean of the Faculty of Agriculture between 2005-2020, ÜAK University representative between 2017-2022, and TÜBİTAK-TOVAG Advisory Board member between 2021-2023. In addition, the analysis of microorganisms in the contents of microbial fertilisers imported from abroad sent by the Turkish Standards Institute (TSE) is carried out only by Prof. Dr. Semra DEMİR and her team in Turkey.



YABAN HAYATI ve BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK KAYBI

WILDLIFE and LOSS OF BIODIVERSITY

Atila DURMUŞ

YABAN HAYATI ve BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK KAYBI

Atilla DURMUŞ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Özet

Biyosfer, yerkürede yaşamın olası olduğu sınırları kapsayan bir tabaka olarak tanımlanmaktadır. Su, hava ve yerküreden oluşan bu tabaka içerisinde yaşamını devam ettiren ve birbirleriyle sürekli iletişim halinde olan milyonlarca canlı yer almaktadır. Belirli bir alan içerisinde bulunan ve bu alan ile etkileşim içerisinde olan tüm canlılar biyolojik çeşitliliği teşkil etmektedir. Yaban hayatı ise biyolojik çeşitlilik kapsamında yer alan, doğada insanlardan bağımsız olarak aktif veya pasif bir şekilde hareket eden, bulundukları ortamdaki ekolojik şartlara kendi yetenek ve zekaları ile uyum sağlayarak yaşamsal faaliyetlerini (beslenme, üreme, savunma,vb) gerçekleştiren organizmaların tamamı olarak adlandırılır. Yeryüzünün oluşumundan günümüze kadar olan süreçte yaban hayatı; deprem, sel, yangın, meteor düşmesi gibi doğal felaketlerden etkilenmiş ve bu etkiler bazen kitlesel yok olmalara neden olmuştur. Bununla birlikte son yüzyıl içerisinde insan popülasyonunun büyümesi ve bu büyümeye paralel olarak artan ihtiyaçlar, yaban hayatı üzerine olan baskıyı oldukça fazla artırmıştır. Bu çalışma kapsamında, Türkiye'nin biyolojik zenginliği ve yaban hayatına değinilmiş, yaban hayatını ve biyolojik çeşitliliği olumsuz yönde etkileyen doğal ve insan kaynaklı faktörler ele alınmış, bunların bölgesel ve olası küresel etkileri belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Biyolojik çeşitlilik, Yaban hayatı, Doğu Anadolu Bölgesi, Van Gölü Havzası, Türkiye.

WILDLIFE AND LOSS OF BIODIVERSITY

Atilla DURMUŞ

Van YuzuncuYil University

Abstract

The biosphere is defined as a layer that encompasses the boundaries of possible life on Earth. This layer, consisting of water, air and terrestrial globe, hosts millions of living creatures that survive and are in constant communication with each other. All living things that exist in a certain area and interact with this area constitute biological diversity. Wildlife is defined as all organisms that exist within the biological diversity, move actively or passively in nature independently of humans, and carry out their vital activities (feeding, breeding, defense, etc.) with their own abilities and intelligence against the ecological conditions in their environment. Since the formation of the Earth, wildlife has been affected by natural disasters such as earthquakes, floods, fires and meteors, and these effects have sometimes cause mass extinctions. In addition, the growth of the human population in the last century and the increasing needs along with this growth have greatly increased the pressure on wildlife. The present study, the biological richness and wildlife of Türkiye are mentioned, natural and human-induced factors that negatively affect wildlife and biodiversity are discussed, and their regional and possible global effects are stated.

Keywords

Biodiversity, Wildlife, Eastern Anatolia Region, Van Lake Basin, Türkiye

1. GİRİŞ

Yeryüzünde bulunan canlılar ekosistem adı verilen yaşam destek birimleri içerisinde yer alırlar. Ekosistem, sınırları belirlenmiş herhangi bir alanda yer alan bütün organizmalar, bunları etkileyen cansız çevresel unsurlar ve aralarındaki etkileşimlerden oluşur. Ekosistemi oluşturan bu üç bileşen birbirleri ile ayrılmayacak derecede bir bütünlük teşkil eder. Bu bağlantıda oluşan en ufak bir sorun ilerde telafi edilemez sorunlara dönüşebilmektedir.

Canlıların oluşumundan günümüze kadar geçen süreçte, doğada bulunan canlılar, hayatta kalabilmek ve nesillerini devam ettirebilmek için bulundukları ortamda besin ağına dahil olmuş ve bunda başarı sağlamışlardır. Bu adaptasyon neticesinde tür çeşitliliği artmış ve yaşamın olası olduğu her ekosistemde bir biyolojik çeşitlilik oluşmuştur.

1.1. Biyolojik Çeşitlilik

Biy çeşitlilik olarak da kısaltılan kavram, belirli bir alan içerisinde yaşamsal aktivite gösteren bütün doğal yaşam ve destek formlarından oluşmaktadır. Biyolojik çeşitlilik, genetik varyasyonların içinde yer aldığı genetik çeşitlilik, tür ve habitat çeşitliliğinin oluşturduğu bir bütün olarak değerlendirilir. İlk kez 1957 yılında MacArthur tarafından türlerin çeşitliliği olarak nitelendirilmiştir (MacArthur, 1972).

1.1.1. Genetik çeşitlilik

Bir popülasyon içerisinde olan genetik varyasyonların fazlalığı o alandaki çeşitliliğinin bir göstergesidir. Bu varyasyonlar sadece bir popülasyon içerisinde değil aynı zamanda farklı alanlardaki yerel popülasyonlar arasında da olabilmektedir. Lokal popülasyonlarda görülen kayıplar, gen havuzunda kayıplara neden olmakta ve geride kalan türlerin çevresel şartlara adapte olma yeteneğini azaltmaktadır.

1.1.2. Tür çeşitliliği

Ekosistemde bulunan organizmaların tamamıdır. O alandaki tür zenginliği olarak da adlandırılabilir. Uluslararası Doğa Koruma Birliği'nin (IUCN) 2023 yılında yayınladığı tür listesinde, şimdiye kadar yapılan bilimsel araştırmalar sonucunda, yeryüzünde tanımlanan ve adlandırılan tür sayısı 2.161.755 olarak belirtilmiştir (IUCN, 2023). Uluslararası Doğa Koruma Birliğinin küresel ölçekte topladığı bilimsel veriler ışığında toplanan bu sayı, yeni tanımlanan türler ile birlikte her yıl artış göstermektedir. 2022 ile 2023 yılları arasındaki bir yıllık süreçte yeni tanımlanan tür sayısı 44.334'dür (IUCN, 2023). Bununla birlikte yeryüzündeki mevcut tür sayısının 80 milyon kadar olabileceği tahmin edilmektedir. Yeni türlerin tespit edilmesi ve tanımlanmasının yanı sıra zaman zaman da doğal nedenlerden dolayı nesil tükenmesi ile karşı karşıya kalmışlardır. Bu nesil kayıpları bazen bireysel olabildiği gibi kitlesel ve küresel boyuta da ulaşmıştır.

1.1.3. Habitat çeşitliliği

Coğrafik, jeolojik ve biyolojik açıdan farklı yapılara sahip ortamlar farklı canlılara farklı imkanlar sunmaktadırlar. Habitat çeşitliliği ne kadar fazla olursa burayı tercih eden organizma sayısı da bu çeşitliliğe paralel olarak artacaktır. Sınırlı bir alanda ya da habitatta dağılım gösteren türler alfa çeşitliliği oluştururken farklı habitatları tercih eden ve geniş yayılım gösteren türlerde gama çeşitlilik olarak adlandırılır (Anthony, Fryxell, & Caughley, 2006). Tropikal ormanlar organik madde bakımından en zengin ekosistemlerdir (Campbell & Reece, 2008). Bu organik madde döngüsünün zenginliği buradan yararlanan tür sayısını da artırmaktadır.

1.2. Yaban Hayatı

Bakış açısı ve çalışma grubuna göre değişen bir kavram olan yaban hayatı bazen tüm hayvanları ve bitkileri tanımlarken çoğu zamanda karasal omurgalıları ifade etmektedir. İnsanoğlunun etkisinden uzakta, doğada serbest hareket eden, çevre şartlarına karşı kendi yetenek ve zekâları ile bütün yaşamsal (beslenme, üreme, savunma, vb.) faaliyetlerini gerçekleştiren, besin ağı içerisinde yer alan organizmaların tamamıdır.

Avcı-toplayıcılıktan yerleşik düzene geçen ve sosyalleşmeye başlayan insan, tarımsal aktiviteler ile birlikte önce bitki ıslahı çalışmalarına başlamıştır. Toplu yaşamın bir sonucu olarak atıklar ve çöpler ortaya çıkmıştır. Yaban hayvanlarının insanlara yaklaşmasında ve onlarla yakın temas kurmasındaki en önemli süreç böyle başlamış ve daha sonra daha da yakınlaşmıştır. Yapılan kazı çalışmaları sonucunda elde edilen bulgular, ilk evcilleşen canlıların köpekler olduğunu ve günümüzden 13.000 yıl öncesine dayandığını ifade etmektedir (Zeder, 2012). Aynı cinse (*Canis*) ait olan kurt ise insan ile mesafesini koruyarak paylaşımı en az seviyede tutmuş ve evcilleşmeden uzak kalmıştır.

İnsanlar ile hayvanlar arasındaki iletişim zamanla mutualizm (karşılıklı fayda) esasına dayalı olarak devam etmiş ve günümüze kadar çeşitlenerek gelmiştir. Günümüzde yakın akrabaları doğada bulunan birçok tür artık evcil hayvanlar olarak insanların sosyal yaşam sahası içerisinde yer almaktadırlar ve doğadan bağımsız bir hayat sürdürmektedirler.

İnsanların yapılan müdahalesi sonucunda yaban hayvanları üç gruba ayrılır (Chandrakar, 2018). Bunlar;

- Doğada serbest yaşayanlar,
- Tutsak olanlar (Evcil ve çiftlik hayvanları),
- Kaçak olanlar (koyun, at, keçi gibi) şeklinde gruplandırılabilir.

Doğada serbest yaşayan hayvanlar yaban hayatı tanımını içerisine girerken diğer iki grupta doğaya adapte olma ve hayatta kalma başarıları değişiklik gösterebilmektedir. Tutsak olarak tutulan evcil hayvanların doğaya bırakıldığında rekabet etme şansı ve hayatta kalma oranları oldukça düşüktür. Doğada iken yakalanıp tutsak edilen ve ardından tekrar doğaya kaçan canlıların başarı oranı tutsak edildiği süreye de bağlı olarak daha yüksektir.

Yaban hayvanlarının insanlara doğrudan ve dolaylı olarak birçok etkisi vardır. Bu etkiler olumlu olabildiği gibi olumsuz da olabilmektedirler.

1.2.1. Yaban Hayvanlarının Olumlu Katkıları

Ekolojik katkıları: Sucul ve karasal ekosistemlerde besin ağı, üreticiler ile başlayıp birinci tüketiciler, ikinci ve üçüncü tüketiciler ile devam etmektedir. Yaban hayvanları, çoğunlukla ikinci ve üçüncü tüketiciler basamağında yer almaktadırlar. Bu açıdan besin ağı ve madde döngüsündeki katkıları ekolojik olarak önemli bir noktadadır. Besin ağının üst basamağında yer alan leşçil (akbaba, çakal, sırtlan vb.) ölen hayvanları tüketerek salgın hastalıkların ve zararlı maddelerin oluşmasına engel olmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Leşçil kuş türlerinden küçük akbaba (*Neophron percnopterus*) (Foto: A. DURMUŞ).

Bilime ve teknolojiye katkıları: Son 200 yıl içinde gelişen teknoloji kapsamında birçok alet ve makina doğadan ve doğadaki canlılardan ilham alınarak tasarlanmıştır. Yolcu uçaklarının kanat yapıları kuşlardan örnek alınırken, denizaltılar ve sonar cihazların işleyişlerinde balina ve yarasalardan yararlanılmıştır. Gece görüş (termal) sistemleri böceklerin, sürüngenlerin ve kuşların görüş özellikleri dikkate alınarak tasarlanmaktadır.

Ticari ve ekonomik katkıları: Yasal av turizmi kapsamında üreme dönemi dışında belli yaşa gelmiş bazı memeli yaban hayvanlarının erkek ve dişi popülasyon dengesini sağlamak amacıyla avlanmasıyla ekonomik girdi sağlanmaktadır. Ülkemizde, Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde 2022-2023 Av Turizmi kapsamında, yaban keçisi (*Capra aegagrus*), kızıl geyik (*Cervus elaphus*), çengelboynuzlu dağ keçisi (*Rupicapra rupicapra*), karaca (*Capreolus capreolus*) ve anadolu yaban koyunu (*Ovis gmelini anatolica*) türlerinin avlanmasına belirli koşullar altında müsaade edilmiştir (Tarım ve Orman, 2023).

Son yıllarda yurtdışında ve ülkemizde, ekoturizm, biyoturizm, ornitoturizm ve Fotosafari gibi başlıklar altında turizm alanları açılmış olup gelen ziyaretçiler doğaya zarar vermeden, belirli koşullar altında doğadaki canlıları gözlemleme ve fotoğraf çekme gibi etkinliklere katılmaktadırlar.

Sosyolojik ve Kültürel katkıları: Yaban hayatının belki de en yaygın olarak kullanıldığı alan sosyolojik ve kültürel alandır. Birçok ülkenin bayrağında kuş (Arnavutluk, Meksika, Papua Yeni Gine) ve aslan (Sri Lanka) figürleri yer almaktadır. Ülkemizde halk türkülerinde, aşkı, sevinci, özlemi ve ayrılığı anlatmak için en fazla kullanılan canlılar kuşlardır. Türkiye Radyo Televizyon Kurumu (TRT) arşivlerindeki 4500 türkü içeriği incelenmiş ve en yaygın kuş türleri olarak bülbül, leylek, turna ve ördekler ön plana çıkmıştır (Adızel vd., 2011).

Rekreasyon katkıları: Yerel yönetimler oluşturdukları peyzaj alanlarında artık doğal unsurlara da yer vermektedirler. Ağaçlara yerleştirilen yapay kuş yuvaları ötücü (Passeres) kuşlar tarafından aktif bir şekilde kullanılmaktadır.

1.2.2. Yaban Hayvanlarının Olumsuz Etkileri

Tarımsal hasar: İnsan nüfusunun artması ile birlikte büyüyen yapılaşma, merkezlerden çıkıp kırsal alanlara doğru yayılmaya başlamıştır. Bunun yanı sıra kırsalda devam eden mevcut tarımsal ve hayvansal aktiviteler artan ihtiyaçlar doğrultusunda daha da artarak genişlemiştir. Bu faaliyetlerin sahası öyle artmıştır ki, yaban hayvanlarının yaşam alanlarına kadar ilerlemiştir. Bunun sonucunda yaşam alanı daralan bazı türler beslenmek ve üremek için bu alanlara girmek zorunda kalmaktadır. Üretilen hasılatı tüketerek veya tahrip ederek ürün ve ekonomik kayıplara yol açmaktadırlar.

İstila: Besin ağının bazı kademelerinde bir üst basamakta oluşan aksaklık alt kademedeki canlı grubunun artışına ve yayılmasına neden olmaktadır. Popülasyon büyüklüğü arttıkça başka alanlara doğru bir yayılım ve istila ortaya çıkmaktadır. Bu durum özellikle tarımsal ürünlerde ciddi ekonomik kayıplara neden olabilmektedir.

İnsanlara ve evcil hayvanlara saldırı: Yerleşim bölgelerine gelen yaban hayvanları, çiftlik hayvanlarına saldırmakta ve buna engel olan insanlara da ciddi zararlar verebilmektedir.

Bütün bu bilgiler ışığında biyolojik çeşitlilik bir bütün olarak ele alındığında insana verdikleri zararın yanında insana ve ekosisteme sağladıkları faydalar paha biçilemez boyuttadır. Günümüz dünyasında artık bu çeşitliliğin önemi ve kıymeti anlaşılmaya başlanmıştır. Ancak birçok canlı, çevresel kirlenmeler ve yaşam alanlarının bozulması nedeniyle her geçen gün biraz daha yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadır (Adızel, Durmuş, & Akyıldız, 2004). Ekosistemlerdeki bozulma ile ortaya çıkan çevre sorunlarının bir kısmı doğal yollar ile gerçekleşirken, maalesef büyük bir kısmı da Antropojenik etkiler ile gerçekleşir.

Doğal kaynaklı tahribatlar;

- i. Seller, su taşkınları
- ii. Toprak kayması (erozyon)
- iii. Depremler,
- iv. Fırtına, rüzgâr, kasırga,
- v. Volkanik hareketler
- vi. İklim değişikliği ve kuraklık
- vii. İstilacı türler

Yukarıda verilen maddeler her ne kadar doğal kaynaklı olarak nitelendirilse dahi, su taşkınları, erozyon, iklim değişikliği ve istilacı türler gibi bazı etkiler dolaylı olarak insanların etki ve katkısıyla gerçekleşmektedir.

İnsanoğlu var olduğu günden beri doğayla iç içe yaşamış ve doğanın imkanlarından faydalanmıştır. Ancak sanayi devrimiyle beraber günümüz dünyasındaki gelişmiş olan ülkeler, ileri kalkınma hamlelerini planlayıp uygulamaya sokması ve kendi ihtiyaçları için yeraltı ve yerüstü kaynaklarını kullanmaya başlaması ile doğadaki düzen bozulmaya başlamıştır (Legget, 2007; 19). Bozulan doğanın yapısı ile birlikte salgın hastalıklar ve sömürü gibi toplumsal sorunlar da ortaya çıkmıştır. Aslında insanoğlu fark etmeden doğa ile değil kendi türü ile savaş vermeye başlamıştır (Bookchin, 1996: 47).

Artan nüfus ve gelişen teknoloji ile beraber doğal kaynakların hızla kullanılması ve azalması ile beraber insan kaynaklı birçok çevre sorunu ortaya çıkmıştır. Bunlar;

İnsan kaynaklı tahribatlar;

- i. İnsan nüfusunun artışı,
- ii. Çarpık kentleşme
- iii. Kontrolsüz sanayileşme,

- iv. Bilinçsiz ve aşırı kaynak kullanımı
- v. Enerji kaynakları (Res, Hes)
- vi. Nükleer aktiviteler,
- vii. Bilinçsiz avcılık
- viii. Biyokaçakçılık
- ix. Saz kesimi,
- x. Tarım ilaçları vs.

Yukarıda anlatılan doğal ve insan kaynaklı etkiler ile zarar gören çevreden en fazla doğal ortamda yaşayan türler etkilenmişlerdir. Canlılar arasında hayatta kalma mücadelesi, rekabet ve adaptasyon hızı daha da artarak türler arasında büyük bir yarış başlamıştır. Bu mücadele sonucunda bazı türler hayatta kalmayı başarırken bazı türlerin nesilleri ortadan kalkmıştır. Uluslararası Doğayı Koruma Birliği olan IUCN'nin 2022 yılı verilerine göre; son 500 yıl içerisinde çevresel bozulmalardan kaynaklı olarak; 38 amfibi, 164 kuş, 87 memeli, 34 sürüngen türü olmak üzere diğer türler de dahil edildiğinde toplam 986 türün neslinin kesin olarak tükendiği, 1305 türünde tahminen tükendiği ifade belirtilmektedir (IUCN, 2023).

Biyolojik çeşitlilik kayıplarına neden olan ve yaban hayvanlarını doğrudan etkileyen faktörler irdelendiğinde etki sırasına göre aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

Habitat kaybı-Drenaj: Habitat kaybı ve parçalanması doğada yaşayan türlerin en büyük sorunlarından birisidir. İnsan kaynaklı bir etki olabildiği gibi doğa kaynaklı bir durumda olabilmektedir. Yerleşim yeri açmak, tarım arazisi kazanmak amacıyla drenaj açıp alanı kurutmak, haşerelerden zarar görmemek için kurutmak ve sazlık alanları doldurmak gibi faaliyetler yaban hayatının yaşam habitatlarını yok etmektedir. Bunun sonucunda; kuş, memeli, sürüngen gibi türler o ortamdan uzaklaşabilirken omurgasız, balık ve amfibiler yok olmaktadır.

Ülkemizde habitat kayıplarına neden olan etkilerin başında drenaj gelmektedir. Özellikle tarım ve mera alanı açmak için yapılan bu işlem, yayılacak suyun kanalla boşaltılması mantığına dayanmakta ve zamanla alandaki taban suyunun da düşmesine vesile olmaktadır. Hatay ili sınırları içerisinde yer alan Amik Gölü'nde 1956 yılında açılan drenaj kanalları sonucunda, göl 1974 yılında tamamen kurumuş ve burada yaşayan yılan boyun (*Anhinga rufa*) isimli kuş türünün nesli ülkemizde tükenmiştir (Inac & Gorucu, 2001).

Van Gölü Havzası sınırları içerisinde bulunan ve birçok canlının beslenme, üreme ve krounma alanı olan Dönemeç (Engil) Deltası açılan drenaj kanalları ile tamamen kurumuş (Şekil 2) ve buradaki canlılar alanı terk etmişlerdir (Adızel & Durmuş, 2009).



Şekil 2. Drenaj sonucunda kurutululan Dönemeç Deltası (Foto: A. DURMUŞ).

İstilacı türler: Yaşam alanları tahrip olan ya da ortadan kalkan, yeterince besin bulamayan, bulundukları ortamdaki diğer türler ile rekabet edemeyen türler hayatta kalabilmek için başka habitatlara giderler. Bu yer değişimi, türün kendi hareket imkanları ile olabildiği gibi rüzgâr, sel, akıntı, gemi, insan ve diğer canlıların üzerinde taşınma şeklinde de olabilmektedir. Dışardan ekosisteme dahil olan türler, yeni geldikleri ortamdaki yerli olan türleri tehdit ederek hem popülasyon yoğunluklarını hem de melezleme ile genetiksel yapısını tehdit etmektedir. Son yıllarda, istilacı türler, karasal ve sucul ekosistemlerde en sık rastlanan tehditlerden biri haline gelmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Denizel istilacı türlerden aslan balığı (*Pterois miles*) (Foto: Cemal TURAN).

Tarım Orman Bakanlığı, istilacı yabancı türlerle mücadele kapsamında bu türlerin avlanmalarını teşvik etmektedir. (Tarım ve Orman, 2023)

Avcılık: Avcı toplayıcı toplumlarda yapılan avcılık yaşamsal ihtiyaçları karşılamaya yönelik bir zorunluluktan ve doğa şartlarına uygun olarak yapılmaktaydı. Gelişen teknoloji ve artan üretimle birlikte avcılık tamamen spor ve hobi haline dönüşmüştür. Ülkemizde kontrolsüz ve kaçak yapılan avcılık, başta kuş türleri olmak üzere, memeli ve balık türlerini tehdit etmektedir (Şekil 4-5).

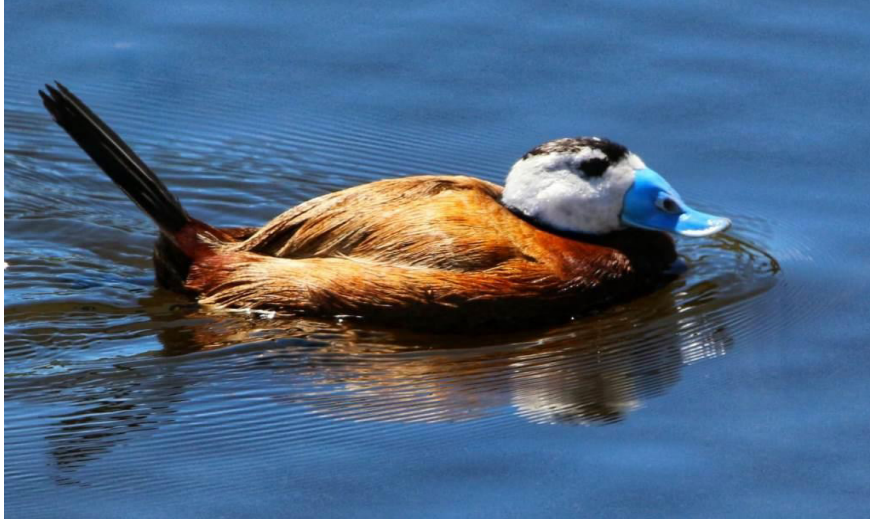


Şekil 4. Ateşli silah ile yaralanmış telli turna (*Antropoides virgo*) (Foto: A. DURMUŞ).



Şekil 5. Ateşli silah ile yaralanmış vaşak (*Felis lynx*) (Foto: A. DURMUŞ).

Ülkemizi, üreme ve kışlama alanı olarak kullanan ve nesli küresel ölçekte tehlike altında olan türlerden biri olan Dikkuyruk ördeğin (*Oxyura leucocephala*) ülkemizdeki neslini tehdit eden en önemli unsurlardan birisi avcılıktır (Şekil 6).



Şekil 6. Nesli tehlike altında olan dikkuyruk (*Oxyura leucocephala*) (Foto: A. DURMUŞ).

Pestisitler: Tarım ürünlerine zarar veren böcek, fare, köstebek, bakteri, virüs, mantar, bitki gibi organizmalar ile mücadele etmek için farklı dozlarda kullanılan kimyasallar, o alandaki canlıları doğrudan etkileyebildiği gibi biyolojik birikime neden olup zamanla toksik etki yapabilmektedir. Sanayi devrimi ile beraber özellikle daha fazla tarımsal üretim amacıyla küresel ve yerel ölçekte oldukça yaygın bir şekilde pestisit kullanımının olduğu görülmektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) sağlamış olduğu veriler incelendiğinde, 2020 yılı itibari ile dünyada üretilen pestisit miktarının 7.2 milyon ton olduğu görülmektedir (FAO, 2024). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nin verilerine bakıldığı zaman, Türkiye'de tarımsal alanlarda kullanılan pestisit miktarı, 2006 yılında 45 bin ton iken 2020 yılında bu oran %17.7 oranında artışla 53 bin ton seviyesine ulaşmıştır (TÜİK, 2023). Tarım ve Orman Bakanlığının 2023 yılı verilerinde ise ülkemizde kullanılan toplam pestisit miktarının 57.766 ton/litre olduğu belirtilmektedir (Tarım ve Orman, 2023). Doğada kullanılan pestisitler besin ağı içerisine girip döngüye katılmaktadır. Besin ağının alt basamaklarında kalıntı miktarı milyonda bir (ppm) veya milyarda bir (ppb) birim iken tüketicilerin en üst basamağında yer alan canlıların bünyesinde bu oran oldukça fazla artmakta ve biyolojik birikim neticesinde canlıların hayatını kaybetmesine neden olabilmektedir. Amerika'da pestisitlerden etkilenen kuş türü sayısının 672 milyon olduğu belirtilmiştir (Birdlife, 2023). Ülkemizde tarım ilaçlarından dolayı doğada nesli tükenen

ve belirli bir alanda koruma altına alınan türlerden birisi Urfa ili birecik ilçesinde bulunan kelaynaktır (*Geronticus eremita*) (Şekil 7). Türün beslenme ve üreme bölgeleri olan tarımsal alanlarda 1980'li yıllarda kullanılan yoğun pestisit uygulamaları türün üreme ve kuluçka başarısını düşürmüş ve doğada neslini tüketmiştir. Şanlıurfa bölgesindeki tarımsal alanlarda kullanılan toplam pestisit miktarına bakıldığında geçmiş yıllarda daha fazla pestisit kullanıldığı görülmektedir. Tarım ve Orman bakanlığı verilerine göre 2016 yılında kullanılan pestisit miktarı 2547 ton iken 2023 yılında bu miktar 2023 yılı itibari ile 1806 tona düşmüştür (Tarım ve Orman, 2024). Ancak pestisit kullanımının azalması kelaynak türünün tekrar doğaya dönmesi için yeterli olmamaktadır.



Şekil 7. Koruma altına alınan kelaynak (*Geronticus eremita*) (Foto: Kültür Turizm Bakanlığı, 2023).

Sazlıkların kesilmesi ve yakılması: Orman açısından zayıf olan bölgelerdeki sazlık alanlar, orman statüsünde görev yapmakta ve o bölgedeki yaban hayatına destek sağlamaktadırlar. Sazlık alanlar, organik madde döngüsünün sağlandığı ve canlıların ihtiyaçları açısından (beslenme, üreme, korunma, barınma) oldukça önemli alanlardır. Bu alanların kontrolsüz yakılması ve aşırı kesilmesi sonucunda birçok kuş, amfibi ve sürüngen türünün yuvası ortadan kalkmakta, yavru ve yumurtaları zarar görmektedir (Şekil 8). Yakılan ve kesilen sazlık alanlar, açık bir ekosisteme dönüştüğü için güvenlik açısından birçok canlı alana belirli bir süre gelmemektedir.



Şekil 8. Sazlıklar içerisinde birçok canlının yuvası bulunmaktadır. (Foto: A. DURMUŞ).

İklim değişikliği: İklim değişikliği, son yıllarda yerel ve küresel boyutta fark edilir boyuta ulaşmıştır. Küresel iklim değişiklikleri sonucunda, bazı sulak alanlar tamamen kurumakta ve canlılar hayatını kaybetmekte ya da bu alanlardan göç etmektedirler. Yine iklim değişikliği sonucunda sonbahar ve ilkbahar mevsimlerindeki ortalama hava sıcaklıkları değişmekte ve bu durum özellikle göçmen kuşların göç hareketliliğini etkilemektedir (Şekil 9). Kuş türlerinin göç ettikleri bölgelerdeki iklim farklılığından dolayı üreme dönemi süresi uzamakta bu da kuluçka ve üreme başarısını düşürmektedir. İklim değişikliği aynı zamanda habitat kaybına ve parçalanmasına da neden olabilmektedir.



Şekil 9. Göç dönemini kaçırmış bir akleyek (*Ciconia ciconia*) (Foto: A. DURMUŞ).

Biyokaçakçılık: Fauna ve flora açısından zengin ve endemizm oranı oldukça yüksek olan ülkemizde mevcut fauna ve flora taksonlarının izinsiz ve kontrolsüz bir şekilde sökülmesi, yurtdışına kaçırılması lokal endemik türlerin nesli açısından ciddi sorunlar oluşturmaktadır (Şekil 10). Bu konuda yasal düzenlemeler ile mevcut türler koruma ve güvence altına alınmıştır.



Şekil 10. Kontrolsüzce toplanan ters lale (*Fritillaria minima*) (Foto: F. ÖZGÖKÇE).

Diğer faktörler: Bulunduğu bölgenin ekolojik özelliklerine ve tür çeşitliliğine bağlı olarak etki boyutu değişiklik gösteren, yaban hayatını olumsuz etkileyen diğer faktörler; İletim hatları ve ulaşım, hava kirliliği, üreme alanlarındaki tarımsal faaliyetler, moda ve aksesuar, rekreasyon (eğlence) gibi etkinliklerde biyolojik çeşitlilik kaybına neden olan faktörlerdir.

2. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda artan çevresel bozulmalar, habitat kayıpları, iklim değişikliği ve insan baskısı yaban hayatını ciddi manada sıkıntıya sokmaktadır. Yaşam alanları daralan türler, hayat mücadelesini sürdürüp hayatta kalabilmek ve nesillerini devam ettirebilmek için habitatlarını genişletme ya da değiştirme yolunu tercih etmektedirler. Bu da aslında ekosistemde istenilmeyen bir sirkülasyona neden olmaktadır. Dışarıdan gelen türlerin (istilacı tür) baskın ve kontrol edilemez bir duruma gelmesine yol açarak, yerli türlerin yaşama şansını azaltmaktadır. Bu durum ekosistemdeki tür çeşitliliğinin azalmasına yol açan önemli faktörlerden biri olarak kabul edilir. Bir ekosistemin yapısı bozulup içindek tür çeşitliliği azaldığı zaman, sistemin eski haline dönmesi oldukça uzun süre alabilmektedir.

Belirli bir bölgeyi yada o bölgedeki canlıları korumak için, o alanın ekolojik ve biyolojik özelliklerini iyi analiz etmek gerekmektedir. Planlanan koruma faaliyetleri kısa vadeli değil uzun vadeli ve sürdürülebilir nitelikte olmalıdır. Alan ve tür bazında yeterli bilgilerin elde edilmesi sonucu koruma faaliyetleri daha yararlı ve etkili olacaktır. Bu konuda hassas davranmak gerekmektedir. Türün yaşam alanını koruma altına almaya çalışırken dış tehditlere açık hale getirmemek gerekmektedir.

Uzun zamandır ülkemizde görülmeyen ve son zamanlarda fotokapanlar ile görüntülenen anadolu leoparı (*Panthera pardus tulliana*) Doğa Koruma ve Milli Parklar tarafından takip edilmekte ve tespit edildiği yerler açıklanmamaktadır. Hassas türlerin yaşam alanlarının açıklanmaması, insanların türü görmek yada gözlemlemek için bu bölgelere gidememesi tür açısından fayda sağlamaktadır. Bu açıdan bazı koruma çalışmaları gizli tutulmalı ve erişim kısıtlanmalıdır.

Doğa ve doğadaki canlılar ile ilgili temel bir bilinç ve duyarlılık oluşturulmalıdır. Bunun başlangıç noktası ise ilköğretim sürecidir. Milli eğitim müfredatına doğa eğitimi, yaban hayatı, biyolojik çeşitlilik gibi dersler konulmalı ve okul öncesinden itibaren uygulanmalıdır. Böylece en erken yaştan itibaren doğaya ve canlılara karşı ön yargının oluşması önlenecek doğa koruma bilinci oluşmuş olacaktır.

İlgili kamu kurumları tarafından doğadaki canlıların tanınması, tanıtılması ve ekosistemdeki faydalarının bilinmesi amacıyla ulusal ve sosyal medyada sesli, görsel, animasyon gibi tanıtımlar yapılarak farkındalık oluşturmak yararlı olacaktır.

Yerel yönetici ve idarecilerin doğa, yaban hayatı, biyolojik çeşitlilik ekosistem gibi konunun uzmanları ile iletişim halinde olup, yapılan akademik çalışmalardan mutlaka faydalanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Adızel, Ö., & Durmuş, A. (2009). Sulak Alan Tahribatının Dönemeç (Engil)Deltası Van Örneğinde İncelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13-25.
- Adızel, Ö., Durmuş, A., & Akyıldız, A. (2004). The Effects of Pollutants on Birds and Other Organism Living in Lake Van Basin. 1. *International Eurasian Ornithology congress*, (s. 41-43). Antalya.
- Adızel, Ö., Yükrük, H., Durmuş, A., Kızıroğlu, İ., & Azizoğlu, E. (2011). Bird Names in the Ballads and Their Intended Use. VI. *International Symposium on Ecology and Environmental Problems*, (s. 91). Antalya.
- Altıkat, A., Turan, T., Torun, E., & Bingöl, Z. (2009). Türkiye’de Pestisit Kullanımı ve Çevreye Olan Etkileri. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak.Derg.*, 87-92.
- Anthony, S., Fryxell, J., & Caughley, G. (2006). *Wildlife Ecology, Conservation*. Blackwell Publishing. 450 pp.
- Birdlife (2023). *Pesticides continue to poison birds on a large scale*. <http://datazone.birdlife.org/sowb/casestudy/pesticides-continue-to-poison-birds-on-a-large-scale>. Erişim tarihi:16.09.2023.
- Campbell, N., & Reece, J. (2008). *Biyoloji*. Palme yayıncılık.1490 sf.
- Chandrakar, A.K. (2018). *Wildlife:A Introduction*. Guru Ghasidas University press.32pp. DOI:10.13140/RG.2.2.23194.08649
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (2024). Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators – Global, regional and country trends, 1990–2020. FAOSTAT Analytical Briefs, no. 46. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc0918en>.
- Inac, S., & Gorucu, O. (2001). The new approaches on sustainable wildlife of Amik Lake. *J Environ Biol.*, 293-296.
- The International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2023). *Red list Category*. <https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics>. Erişim tarihi:21.11.2023.
- MacArthur, R. (1972). Geographical Ecology. *Patterns in the Distribution of Species*. Princeton University press. 288 pp.
- Tarım ve Orman (2023). *İstilaçı türler*. <https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/4838/> Erişim tarihi:14.10.2023.
- Tarım ve Orman (2023). *Doğa Koruma ve Milli parklar, Av turizmi uygulama talimatı ek karar pdf*. <https://www.tarimorman.gov.tr/>. Erişim tarihi:21.11.2023.
- Tarım ve Orman (2024). *Yıllar itibarıyla Bitki Koruma Ürünlerinin (Gruplara Ayrılmış Olarak) Kullanım Miktarları, 2006-2023*. <https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Menu/115/Resmi-Tarimsal-Ilac-Istatistikleri>. Erişim tarihi:29.04.2024.

- TÜİK (2024). Türkiye tarımsal ilaç kullanım miktarları (2006-2020). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>. Erişim tarihi:29.04.2024.
- Zeder, M. A. (2012). *Biodiversity in Agriculture: Domestication, Evolution, and Sustainability*. Cambridge University Press. 562-606 pp. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139019514>.

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Atilla DURMUŞ | Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi |
atilla[at]yyu.edu.tr | ORCID:0000-0002-5116-9581**

Dr. Atilla DURMUŞ 16.02.1976 yılında Ağrı’da doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini Ağrı’da tamamladıktan sonra 1995 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünü kazandı. 1999 yılında Biyoloji Bölümünden Biyolog olarak mezun oldu. 2003 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zooloji Bilim dalının, Ornitoloji alanında yüksek lisansını, 2008 yılında da aynı enstitüye bağlı olarak doktorasını tamamladı. 2009 yılında Fen Fakültesi Biyoloji bölümünde yardımcı doçent olarak başladı. Dr. Atilla DURMUŞ, 2012 yılında ekoloji alanında doçentliğini aldı ve 2019 yılında Fen Fakültesi Biyoloji bölümüne Profesör Dr. olarak atandı. Çalışma alanı; sulak alanlar, yaban kuşları, kuşların davranışları ve ekolojileri olan Dr. Atilla DURMUŞ’un bu alanlar ile ilgili yapmış olduğu ulusal ve uluslararası düzeyde makale, sempozyum ve kongre bildirisi ile kitap bölümü bulunmaktadır. Halen Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümünde öğretim üyesi olan Dr. Atilla DURMUŞ aynı zamanda Biyoloji Bölüm Başkanlığı ve Zooloji ABD başkanlığı yapmaktadır. İngilizce bilen Dr. Atilla DURMUŞ evli ve iki çocuk babasıdır.

**Prof. Dr. Atilla DURMUŞ | Van Yüzüncü Yıl University |
atilla[at]yyu.edu.tr | ORCID:0000-0002-5116-9581**

Atilla DURMUS was born on February 16, 1976 and grew up in Ağrı and completed his primary, secondary and high school education in there. He received his B.S. in Biology from Van Yuzuncu Yil University (1999), and his M.S. (2003) and Ph.D. (2008) in Zoology from Van Yuzuncu Yil University. His dissertation research focused on ornithology and ecology. In 2009, Dr. Durmus joined the Van Yuzuncu Yil University, as an Assistant Professor in the Department of Biology. In 2012, he was promoted to Associate Professor and in 2019 was promoted to Professor in the same department. His research is focused on wild birds, wetland habitats, bird behaviors, bird ecology, and wildlife conservation. He has numerous national and international articles, symposium and congress papers and book chapters in these fields. Dr. Durmus currently serves as Chair of the Department of Biology and Chair of the Department of Zoology at Van Yuzuncu Yil University. He lives in Van, who speaks English, is married and has two children.



SU ÜRÜNLERİ ÜRETİMİ VE BALIK BİYOÇEŞİTLİLİĞİNİN DEĞİŞİMİ

AQUACULTURE PRODUCTION AND CHANGE IN FISH BIODIVERSITY

**F. Güler EKMEKÇİ
M. Altuğ ATALAY
Mahir KANYILMAZ**

SU ÜRÜNLERİ ÜRETİMİ VE BALIK BİYOÇEŞİTLİLİĞİNİN DEĞİŞİMİ

F. Güler EKMEKÇİ*, **M. Altuğ ATALAY****, **Mahir KANYILMAZ****

* Hacettepe Üniversitesi, ** T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı

Özet

Su ürünleri farklı coğrafyalarda insanoğlunun varoluşundan itibaren başta gıda olmak üzere pek çok şekilde insan kullanımında yer almıştır. Su ürünleri tarihte önceleri sadece avcılık yoluyla ve ilkel yetiştiricilik teknikleriyle elde edilirken, günümüzde doğal stokların ve biyoçeşitliliğin korunmasına imkân sağlayan gelişmiş avcılık ve yetiştiricilik teknikleriyle elde edilmeye başlanmıştır. Türkiye üç tarafını çevreleyen denizler, yirmi beş nehir havzasındaki kilometrelerce uzunluğundaki akarsular, göller, sayısı hergün artan yapay göl ve göletler ile su ürünleri açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Öte yandan ülkemiz sahip olduğu farklı iklimsel bölgeler ve coğrafi özellikleri nedeniyle biyoçeşitlilik açısından da önemli bir alanda yer almaktadır. Anadolu, jeolojik dönemlerdeki iklimsel değişimlerde pek çok canlı türü için sığınak-refüj alanı olmuş, dünyadaki önemli biyoçeşitlilik sıcak alanlarından üçünün bulunduğu bir alanda yer almıştır. Ülkemiz biyocoğrafik açıdan Avrupa, Asya ve Afrika da yayılım gösteren tatlısu balık türlerini barındırmaktadır. Bir yandan gıda kaynağı olarak balıklardan yararlanmak, öte yandan biyoçeşitliliğin korunması arasındaki hassas dengenin kurulması gerekmektedir. Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IUCN) kriterlerine göre değerlendirildiğinde, son 50 yılda ülkemize endemik 6 tatlı su balık türünün doğadan tamamen kaybolduğu (EX) saptanmıştır. Gelecekte su ürünleri üretimi, geçmişte yaşanan tecrübelerden dersler alarak, hem su ürünleri verimliliğinin artırılması, hem de biyoçeşitliliğin korunmasını sağlayacak şekilde planlanmalıdır.

Anahtar Kelimeler

Anadolu, Biyolojik çeşitlilik, İhtiyofauna, Su ürünleri üretimi, Balıkçılık yönetimi

AQUACULTURE PRODUCTION AND CHANGE IN FISH BIODIVERSITY

F. Güler EKMEKÇİ**, *M. Altuğ ATALAY, *Mahir KANYILMAZ*****

**Hacettepe University, **Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry*

Abstract

Aquatic products have been used by mankind in various ways, particularly as food, since the beginning of human existence. In the past, aquatic products were acquired solely through hunting and primitive aquaculture methods. However, over the past few decades, aquaculture production has attempted to shift towards advanced fishing and aquaculture techniques to maintain natural stocks and promote biodiversity. Türkiye has immense aquaculture potential, boasting seas on three sides, kilometers of rivers in twenty-five river basins, and a vast number of lakes, artificial lakes, and ponds – a number which increases every day. In addition to its exceptional geographic features, Türkiye is situated in a region of significant biodiversity, with diverse climatic regions adding to its renowned variety. Anatolia has served as a refuge for numerous species during climatic changes in geological eras. It is situated in an area where three of the world's biodiversity hotspots intersect. Our country is biogeographically home to freshwater fish species found throughout Europe, Asia, and Africa. Maintaining a delicate balance between utilizing fish as a food source and preserving biodiversity remains crucial. According to the International Union for Conservation of Nature (IUCN) criteria, six freshwater fish species that are endemic to our country have gone extinct (EX) from the natural environment in the past 50 years. In the future, planning for aquaculture production should aim to increase the yield of aquaculture products while also preserving biodiversity by learning from past experiences.

Keywords

Anatolia, Biodiversity, Ichthyofauna, Aquatic production, Fishery management

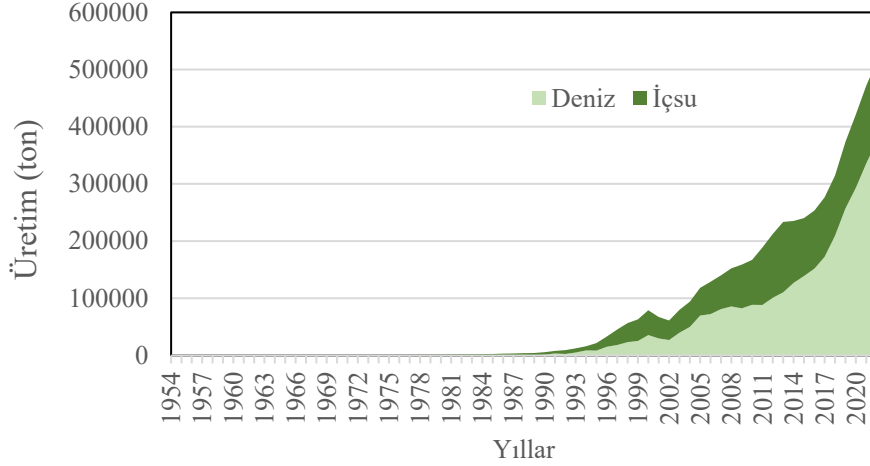
1. GİRİŞ

Arkeologların geçmişteki yaşama dair buldukları zıpkın ve olta gibi alet kalıntıları insanların gıda sağlamak üzere balık ve diğer canlıları avladığına dair kanıt olarak farklı kültürlerde karşımıza çıkmaktadır. Su ürünleri Beveridge ve Little, (2002) tarafından belirtildiği gibi milattan önceki zamanlarda Çin’de avcılık faaliyetleri sonucunda akarsu, göl ve denizlerden elde edilirken, deniz kenarlarındaki su birikintilerinde, sel ve taşkınlar ile su biriken çukurlardaki balıkların gelişiminin sağlanması ve hasat edilmesiyle de farklı kaynaklardan da sağlanmaya başlanmıştır. Landau (1992) balıkçılık ve yetiştiricilik konusunda faaliyetleri ve yöntemleri içeren ilk eserin M.Ö 472’de Fan Li tarafından kaleme alındığını bildirmektedir. Türkiye’de balıkçılık konusunda yazılı eserlerin ilki ve en önemlisi İstanbul’da, İstanbul Balıkçılı Mürdürü Karekein Devociyan tarafından Osmanlıca “Balık ve Balıkçılık” başlığıyla yayınlanan eserdir. Daha sonra 1926 yılında Fransızca olarak basılan eser; zengin içeriği ile 1900’lerin başlarına kadar Anadolu’da yapılan su ürünleri üretimine ışık tutmaktadır. Devociyan’ın 1926’da basılan değerli eserinin 2006’da Fransızcadan yapılan çevirisinden de anlaşılacağı üzere, Osmanlı dönemindeki su ürünleri üretimi doğrudan avcılık ile elde edilen ürüne dayanmakta olup, yetiştiricilik konusunda kayda değer bilgilere rastlanmamaktadır (Devociyan, 2006). Cumhuriyetin kurulması ve ilerleyen yıllar ile birlikte su ürünleri konusunda önemli aşamalar kaydedilmiştir. Kosswig (1952) tarafından “1947 senesinde, Ekonomi Bakanlığı, balıkçılık işlerini, ilmî bir kaide üzerine tesis etmek üzere, yeniden faaliyete geçtiği” ifade edilmektedir. Başta İstanbul Hidrobiyoloji Enstitüsü’nde yürütülen çalışmalar ve yayınlanan dergiler ve kitaplarla su ürünlerinin bilimsel anlamda ele alınması ve popüler kültüre entegre edilmesi anlamında büyük hizmetler gerçekleştirilmiştir.

1.1. Modern Türkiye’deki Balıkçılık Faaliyetleri

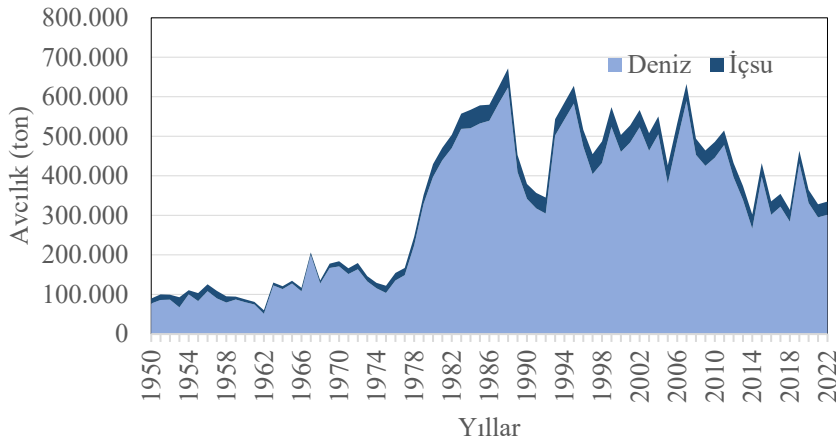
Yurtoğlu (2017) tarafından Cumhuriyetin ilk yıllarından itibaren balık ihracatının önemsendiği, su ürünleri kongrelerinin yapıldığı, Et ve Balık Kurumu (EBK)’nin kurulduğu, araştırma ve inceleme faaliyetlerine öncelik verilerek, ülke balıkçılığının geliştirilmesine çalışılmış olduğu bildirilmektedir. Günümüzde artık avcılık yoluyla elde edilebilecek su ürünleri üretiminde sınır seviyelere ulaşıldığından artan talep yetiştiricilik yoluyla karşılanmak durumundadır. Ancak, su ürünleri yetiştiriciliği gıda güvenliğine önemli bir katkıda bulunmakla beraber, çevredeki ekosistemle yakın etkileşim halinde olduğu sektörün küresel boyuttaki hızlı gelişimi bazı kesimlerde çevresel kaygıya da yol açmaktadır. Gelişen yetiştiricilik sistemleri ile bu kaygılar kolayca ortadan kaldırılabilmektedir. Kosswig (1952) Türkiye iç su ve denizlerinde devlet kurumları ve İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Enstitüsü’nün işbirliği ile planlamalar yapılarak topraktan olduğu gibi sulardan da yüksek verim eldesi amaçlandığını ifade etmektedir. Balıkçılık ve Su ürünleri Genel Müdürlüğü (BSGM) veri tabanındaki kayıtlara göre Türkiye’de 1950’lerden sonra avcılıkla elde edilen ürüne ek olarak yetiştiricilik konusunda da adımlar atılmış ve 1954’te iç sularda elde edilen yaklaşık 10 tonluk üretim, 1962’de 100 tona, 1978’de ise 1.000 tonun üzerine çıkmıştır. Bu değer 1995 yılında 13.113 ton, 2011 yılında 100.446 ve 2022 yılında ise 140.000 tona ulaşmıştır (Şekil 1). Denizlerde yetiştiricilik ile elde edilen ürün

kaydı 1986 yılında 35 ton iken, 1991 yılında 3.325 tona ve 2011’de 100.853 ve 2022 yılında ise 374.000 tona ulaşmıştır (Şekil 1). Rakamlar incelendiğinde hem denizlerde hem de iç sularda yetiştiricilik yoluyla elde edilen ürün miktarlarında geçmiş yıllara göre ciddi bir artış olduğu görülmektedir.



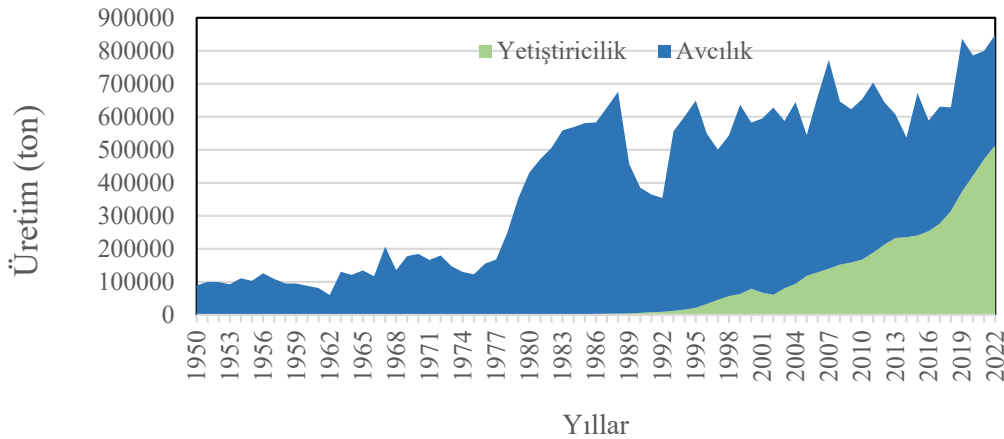
Şekil 1. Türkiye’de 1954-2022 yılları arasında iç su ve denizlerde yetiştirilen su ürünleri miktarları (ton) (BSGM, 2023).

Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğünün verilerine göre avcılık ile elde edilen ürün miktarında da 1950 ile 2022 yılları arasındaki dönemde önemli bir artış görülmektedir (Şekil 2)



Şekil 2. Türkiye’de 1950-2022 yılları arasında iç su ve denizlerde avlanan su ürünleri miktarları (ton) (BSGM, 2023).

Avcılık ile elde edilen su ürünlerinde denizlerdeki üretimin tüm yıllarda iç sulara göre çok daha yüksek olduğu, ancak özellikle hamsi balığının avcılığındaki değişimlere bağlı olarak görece dalgalanmaların olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 2). Avcılık yolu ile 1950 yılında denizlerden 77.100 ton, iç sulardan 12.600 ton olmak üzere toplam 89.700 ton ürün alınırken, 1988 yılında bu değerler 623.404 ton ve 48.500 tona ulaşmıştır. Avcılıktan elde edilen ürün miktarı 1988 yılından sonra dalgalanmalar göstererek 2022 yılında denizlerde 301.747 ton, iç sularda 33.256 ton olmak üzere toplamda 335.003 ton olarak gerçekleşmiştir. Son 20 yılda avcılığı en çok yapılan pelajik balıkların en az ve en fazla yakalanma miktarı ton olarak şöyledir: Hamsi (96.440-385.000), Sardalya (8.684-34.709), İstavrit (11.148-32.177), Palamut (1.578-70.797) ve Lüfer (1.000-87.141) dir. Avcılığı en çok yapılan demersal deniz balıklarının üretim miktarları (ton) olarak sırasıyla: Mezgit (6.814-18.000), Bakalorya-Berlam (642-20.810), Tekir (961-4455), Barbun (1.255-2.825), Kalkan (139-2700) ton, avcılığı en çok yapılan diğer deniz ürünleri üretim miktarları ise Kum midyesi (7.500-61.240), Deniz salyangozu (2.150-14.034), karidesler (2.000-6.339), kara midye (781-2.362) ve Mürekkap balığı (465-1.597) ton olarak saptanmıştır. Su ürünleri üretiminde avcılıkla ve yetiştiricilikten elde edilen ürün miktarları 1950'den 2022 yılına kadar geçen süre için karşılaştırıldığında üretimin gelişmiş ülkelerde olduğu gibi avcılıktan ziyade yetiştiriciliğe doğru kaydığı görülmektedir (Şekil 3).



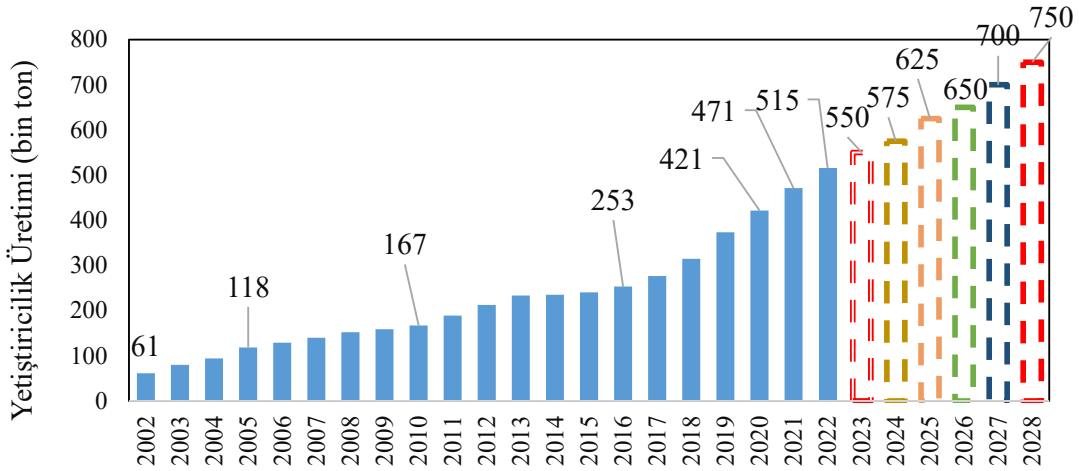
Şekil 3. Türkiye’de 1950-2022 yılları arasında avcılık ve yetiştiricilik yoluyla elde edilen su ürünleri üretimi (ton) (BSGM, 2023).

Özellikle son 20 yılda su ürünleri hızlı gelişme gösteren bir sektör olarak dikkati çekmektedir. TÜİK su ürünleri istatistiklerine göre 2000-2022 yılları arasında avcılık ve yetiştiricilikten elde edilen ürün miktarları Tablo1 de verilmiştir (BSGM, 2023).

Tablo 1. Türkiye’de 2000-2022 Yılları Arasında Avcılık ve Yetiştiricilikten Elde Edilen Su Ürünleri Miktarları (Ton) (BSGM, 2023)

Yıllar	AVCILIK			YETİŞTİRİCİLİK (ton)		
	Deniz	İç su	Toplam	Deniz	İç su	Toplam
2000	460.521	42.824	503.345	35.646	43.385	79.031
2001	484.410	43.323	527.733	29.730	37.514	67.244
2002	522.744	43.938	566.682	26.868	34.297	61.165
2003	463.074	44.698	507.772	39.726	40.217	79.943
2004	504.897	45.585	550.482	49.895	44.115	94.010
2005	380.381	46.115	426.496	69.673	48.604	118.277
2006	488.966	44.082	533.048	72.249	56.694	128.943
2007	589.129	43.321	632.450	80.840	59.033	139.873
2008	453.113	41.011	494.124	85.629	66.557	152.186
2009	425.046	39.187	464.233	82.481	76.248	158.729
2010	445.680	40.259	485.939	88.573	78.568	167.141
2011	477.658	37.097	514.755	88.344	100.446	188.790
2012	396.322	36.120	432.442	100.853	111.557	212.410
2013	339.047	35.074	374.121	110.375	123.019	233.394
2014	266.078	36.134	302.212	126.894	108.239	235.133
2015	397.731	34.176	431.907	138.879	101.455	240.334
2016	301.464	33.856	335.320	151.794	101.601	253.395
2017	322.173	32.145	354.318	172.492	104.010	276.502
2018	283.955	30.139	314.094	209.370	105.167	314.537
2019	431.572	31.596	463.168	256.930	116.426	373.356
2020	331.281	33.119	364.400	293.175	128.236	421.411
2021	295.018	33.140	328.158	335.644	136.042	471.686
2022	301.747	33.256	335.003	374.000	140.000	514.000

Doğal stokların korunması ve sağlıklı gıda sağlanması açısından 2000 yılından 2022 yılına kadar geçen süre zarfında Bakanlık tarafında yetiştiricilik desteklenerek yetiştiricilik yoluyla elde edilen su ürünleri üretimi önemli miktarda arttırılmıştır. Yetiştiricilik ile elde edilen ürün miktarı 2000 yılında, avcılığa göre yaklaşık 6,4 kat daha düşük iken; 2022 de 1,7 kat daha yüksek hale gelmiştir (Şekil 4). Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü (BSGM) 2028 yılında yetiştiricilikten elde edilecek ürün miktarının gelecek beş yıl içerisinde 750 bin tona erişmesini öngörmektedir.



Şekil 4. 2002-2022 yılları su ürünleri yetiştiriciliği ve 2023-2028 yılı tahmini üretim miktarları (BSGM, 2023).

Halen denizlerde yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalığı, çipura, levrek, fangri, minekop (kötek), granyöz (sarıağız), sinagrit, sivriburun, trança, orkinos, kırmızı bantlı mercan, antenli mercan, midye, karides, lahoz, kum şırlanı, spirulina gibi su ürünlerinin üretimi 2002 yılında 26.866 tondan 2022 yılında 368.742 tona ulaşmıştır. Benzer olarak içsulara yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alası, alabalık, aynalı sazan, mersin balığı, tilapya, yayın balığı ve kurbağadan oluşan ürünlerin toplam üretimi 2002 yılında 33.707 ton iken 2022 yılında 146.063 tona yükselmiştir. Bu üretimin gerçekleştirildiği tesis sayısı, 2002 yılında denizlerde 225 tesis ve 25.036 ton toplam kapasite mevcut iken, 2022 yılında 488 tesis ve 389.074 ton kapasiteye ulaşılmıştır. İç sulardaki tesis sayısı 2002 de 1020 ve toplam kapasite 25.068 ton iken, 2021 yılında bu rakamlar sırasıyla 1735 ve 215.022 tona yükselmiştir. Son 20 yılda toplam tesis sayısı 1.245den 2223'e toplam kapasite ise 50.104 tondan 604.095 tona yükselmiştir. Yetiştiricilik yoluyla su ürünleri üretimindeki artış ekonomiye katkı olarak ortaya çıkarken, ihracat değeri 2 milyar dolara ulaşmıştır. Asche, vd. (2022) yetiştiriciliğin olumlu katkısının yanısıra farklı dönemlerde gerek sosyal algı gerekse bazı çevresel güçlüklerle yüz yüze gelmek mümkün olduğunu savunmaktadır.

Bioçeşitlilik kavramı, tür, genetik ve ekosistem çeşitliliği olarak üç seviyede ele alınmaktadır (Primack, 2010 s. 23), bu bağlamda Türkiye sahip olduğu tür sayısı kadar genetik çeşitlilik ve barındırdığı farklı ekosistemlerle de bioçeşitlilik bağlamında önem taşımaktadır. Türkiye üç tarafını çevreleyen denizler, 25 nehir havzasındaki kilometrelerce uzunluğundaki akarsular, göller, sayısı her gün artan yapay göl ve göletler ile su ürünleri açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Öte yandan sahip olduğu farklı iklimsel bölgeler,

coğrafi özellikleri nedeniyle biyoçeşitlilik açısından da önemli bir alanda yer almaktadır. Anadolu, jeolojik dönemlerdeki iklimsel değişimlerde pek çok canlı türü için sığınak-refüj alanı olmuş, dünyadaki önemli biyoçeşitlilik sıcak alanlarından üçünün bulunduğu bir alanda yer almıştır.

2. TÜRKİYE TATLISU BALIKLARI BİYOÇEŞİTLİLİĞİ

Ülkemiz biyocoğrafik açıdan Avrupa, Asya ve Afrika da yayılış gösteren tatlı su balık türlerini barındırmaktadır. IUCN tarafından 2013’de yapılan Doğu Akdeniz Tatlısu Biyoçeşitlilik ve Kırmızı liste çalışmasında 14 ekobölge belirlenmiştir. Türkiye bunlardan Trakya, Güney Anadolu, Orta Anadolu, Batı Anadolu, Batı Transkafkasya, Kuzey Anadolu, Yukarı Dicle ve Fırat Havzası, Kura ve Güney Kafkasya Havzası, Van Gölü Havzası, Asi gibi birbirinden farklı çeşitlilik ve tür kompozisyonuna sahip, endemik, kimi bölgede kuzey, Avrupa ve hatta Güney Batı Asya elemanlarına sahip, bazı bölgelerde denizel kökenli türlere rastlandığı, bazı bölgelerde ise izole ve relikt türlerin yayılış gösterdiği özel bir coğrafyada bulunmaktadır. Buradaki habitat çeşitliliği de çarpıcı olup, ılıman kıyı nehirleri; kserik tatlı sular ve endorheik (kapalı) havzalar; ılıman taşkın yatağı nehirleri ve sulak alanlara rastlanmaktadır. Genel olarak bölgede akarsular, küçük göller, kıyı lagünleri, endorheik sucul ekosistemlerden oluşmaktadır (Smith vd., 2014 s. 5). Akdeniz havzasındaki diğer ülkelerle karşılaştırıldığında, Türkiye barındırdığı tatlısu balıklarının sayısı ve endemizm oranıyla zengin biyoçeşitliliğe sahiptir.

BSGM’nin düzenlediği Ağustos 2023 ve Kasım 2023 deki Türkiye Deniz ve Tatlısu Balıkları Listeleme ve Kırmızı Liste oluşturma Çalıştayları sonucunda Anadolu’ya endemik yaklaşık 200 tür tatlısu balığı değerlendirilmiş ve ön sonuçlara göre IUCN global ölçek kriterlerine göre 6 türün yok olduğu, 126 türün farklı kategorilerde tehdit altında olduğu ve 37 türün tehlide açık olduğu anlaşılmıştır. Son 50 yıllık dönemde Anadolu’dan ve dünyadan tamamen yok olan türler, yayılış alanları ve olası yok oluş sebepleri aşağıda verilmiştir.

2.1. Tükenmiş Türler

Son 50 yıllık dönemde Anadolu’dan ve dünyadan tamamen yok olan türler (EX), yayılış alanları ve olası yok oluş sebepleri aşağıda verilmiştir:

- 1) ***Acanthobrama centisquama***: Asi Havzası’nda yayılış gösteren bu türe Amik Gölü’nün kurutulmasından sonra günümüze kadar tekrar rastlanmamıştır. Freyhof ve Özuluğ (2014) bu türün son 50 yıldan daha uzun bir sürede kaydı bulunmadığını belirtmektedirler.
- 2) ***Alburnus adanensis***: Freyhof vd (2018) tarafından Seyhan havzasından tanımlanan bu türe 1944’den bu yana rastlanmadığı bildirilmektedir. Bu türün yok oluş sebebi tam olarak bilinmemekle beraber, Seyhan Baraj Gölü’ne sudak (*Sander lucioperca*) ve gümüşü havuz balığı /İsrail sazani (*Carassius gibelio*) gibi yabancı ve istilacılık özelliği olan balık türlerinin istemli veya kazara taşınmasının yok oluşta etkisi düşünülebilir.

- 3) ***Alburnus akili***: Türkiye'nin endemik iç su balıklarından olan ve yöre halkı tarafından gövce olarak adlandırılan bu tür, Beyşehir Gölü'ne 1955 yılında sudak aşılama ve *Alburnus escherichii*'nin taşınmasının ardından yok olmuştur. Küçük (2012) gövcenin (resmi istatistiklerde bu türün adı Çiçek olarak geçmektedir) yok oluş süreçlerini 1990-2010 yılları arasındaki arazi çalışmaları, gözlemler ve kaynak araştırmasına dayanarak incelemiş, Beyşehir Gölü'ne *Sander lucioperca*'nın predasyon baskısının, yok oluştaki en önemli etken olduğunu, bu etki sonucu *Alburnus akili*'nin 1985 yılından sonra neslinin tükendiği kanısına varmıştır. Beyşehir Gölü'ne resmi otoritelerden izin alınmadan aşılama *Alburnus escherichii* yakın akraba olduğu *A. akili* ile habitat ve niş rekabetine girmiş olması da söz konusudur.
- 4) ***Anatolichtyes splendens***: Ispartanın batısında yer alan Gölcük Gölü'nde yaşayan küçük boyutlu bir Aphanid olan bu türün IUCN kriterlerine göre yok olmuş (EX) statüsünde olduğu Freyhof vd. (2014) tarafından bildirilmiştir. Bu türün yaşam ortamına son yıllarda gökkuşağı alası (*O. mykiss*), çakıl balığı (*P. parva*), gümüş balığı (*A. boyeri*), inci balığı (*Alburnus sp.*), sazan (*C. Carpio*), sudak (*S. lucioperca*), kadife (*T. tinca*), sivrisinek balığı (*G. holbrooki*), gümüşü havuz balığı (*C. gibelio*) gibi başka türlerin resmi otoritelerin izni dışında göle taşınmasının büyük etkisi bulunmaktadır.
- 5) ***Cobitis kellei***: Dicle Nehri Havzasında, Diyarbakır civarından toplanarak tanımlanan bu tür, 1974 yılında sadece bir kez bulunmuş, Freyhof vd. (2018) tarafından bildirildiği üzere, bölgedeki yoğun araştırmalara rağmen havzada bu türe rastlanmamıştır. Türün ilk toplandığı Göksu Deresi'nin alt kısmı barajla kapatılmıştır, ancak orta ve üst kısmı temiz suyu ve ve çok sayıda tür ve yoğun polulasyonları ile ekolojik açıdan iyi bir durumdadır. *C. kellei*'nin Göksu Dere'sinde veya başka bir yerde neden tekrar bulunmadığı belirsizliğini korumaktadır.
- 6) ***Pseudophoxinus handlirschi***: Kosswig ve Geldiay (1952) tarafından, bu türün büyük ağız ve kısa bağırsağıyla etcil bir balık olduğu; Eğirdirliiler tarafından Çiçek veya Gövce olarak isimlendirilen 20 cm kadar boya ulaşan bu yırtıcının başka balıkların yavrularıyla beslendiği, bu yavrular yeterli gelmediği takdirde, küçük omurgasızları da tükettiği belirtilmektedir. Büyük sürüler oluşturan yavruları besin olarak planktonik organizmaları tercih eden pelajik bir yaşam sürer. Eğirdir Gölü ve Beyşehir Gölü'ne 1955 yılında Nümann'ın önerisi ile balıkçılığın daha verimli hale getirilebilmesi amacıyla atıldıktan sonra su ürünleri veriminin artışı yerine, tam tersine balıkçılığın çöktüğü Ekmekçi ve Erk'akan (1997) tarafından bildirilmiştir.

2.2. Tükenen İç su Balıkları ve Yeni Giren Türler İle Su Ürünleri Üretimi İlişkisi

İç sulardaki balıklarda yüksek endemizm oranı ve kaybolan 6 balık türü saptanmışken, denizlerimiz de endemik türler ve yok olan türler söz konusu değildir. İç sularda doğadan tükenmiş (EX) olan türlerin yok olmalarında kirlilik, yeraltı ve yüzey suyunun aşırı kullanımı, su yapılarının inşası, habitat bozulması gibi pek çok etkenin yanı sıra, istemli veya kazara balık aşılama ve taşımanın da etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Amik Gölü'nün kurutulması ekolojik açıdan *Acanthobrama centisquama* türünün yok olmasına neden olduğu gibi su ürünleri üretimi açısından da kayıplara yol açmıştır. Kosswig (1952), Amik Gölü'nden ihraç edilen balık miktarını 500 ton olarak bildirirken, Nümann (1953), Amik Gölü'nün kurumasına dikkati çekerek, 1951-1952 yıllarında gölden ihraç edilen yılanbalığı (*Anguilla anguilla*) miktarının da 150 ton/yıl olduğunu belirtmektedir. Amik Gölü'nün kurutulmasının, ekosistem çeşitliğinde azalmaya, türlerin kaybı ile biyolojik çeşitliliğe, su ürünleri üretimine ve dolaylı olarak ekonomiye olumsuz yönde büyük etkisi görülmektedir.

İki endemik türün yok olmasında ise göllere yabancı ve istilacı bir balık türünün taşınmasının büyük etkisi olduğu görülmektedir. Eğirdir Gölü'nden *Pseudophoxinus handlirschi*'nin ve Beyşehir Gölü'nden *Alburnus akili*'nin yok olmasında, göllere aşıl原因 ve kısa sürede yerleşen bir predatör olan sudak balığının (*Sander lucioperca*) büyük etkisi söz konusudur. 1955 yılında balık veriminin yükseltilmesi amacıyla sudak aşıl原因ması göldeki balık komunitasini ve su ürünleri üretimini etkilemiştir. Eğirdir ve Beyşehir Gölleri'ne sudak aşıl原因masına öncü olan Nümann (1954) "Tabii Göllerde Sudak ve Turna Yetiştiriciliği" başlıklı eserinde piscivor balıklarla balıklandırma sayesinde Macaristan ve Almanya'daki verim artışlarından bahsetmektedir. Ancak karstik yapıdaki Beyşehir ve Eğirdir Gölleri'ndeki limnolojik yapı ve besin döngüsü Nümann (1954) tarafından verilen örneklerdeki ekosistemlerden oldukça farklıdır. Buna ilaveten avcılık yapan balıkçıların sosyo kültürel düzeyinin de aşıl原因ma sonrasındaki avcılığı ve üretimi etkilemiş olması muhtemeldir. Yabancı türün girdiği yeni ekosistem, Eğirdir Gölü örneğinde olduğu gibi jeolojik ve limnolojik özelliklerinden ötürü kırıl原因an/duyarlı olabilir. Eğirdir Gölü karstik yapısı nedeniyle yapısında su kayıplarına ve girişlerine neden olan düden, estevellalara sahiptir, ayrıca Kovada regülatörü ile su çıkışı söz konusudur. Gölden sulama ve içme suyu sağlamak için su çekilmektedir, bu gibi evsel ve endüstriyel su ihtiyaçları için su alımı dışında doğal rejim gereği dalgalanmalar su bütçesini etkilemektedir. Su miktarında ve su seviyesindeki değişimlerin yanısıra ticari ve amatör balıkçılığın da ekosistemdeki etkileri dikkate alınmalıdır. Littoral bölgede suyun çekilmesine bağlı olarak bitki ve hayvan komunitaselerindeki değişim göldeki sazangillerin üreme alanlarının azalmasına ve hatta yok olmasına neden olabilmektedir. Birçok göl ve rezervuar, su seviyesinin sulama, içme suyu, enerji vb. amaçlı kullanımları nedeniyle doğal rejimi dışındaki değişimlere ve kirliliğe bağlı olarak duyarlı yapıdadır. Yabancı türün yeni ekosisteme girişinin sonucunda ortaya çıkan etki konusunda çarpıcı bir örnek olan Eğirdir Gölü'ndeki değişim kısaca özetlenecek olursa:

Eğirdir Gölü'nde su ürünleri üretimi 1958-1961 yılları arasında 500 ton sazan, 25 ton eğrez, 150 ton siraz, 175 ton çiçek olmak üzere toplam 850 ton balık avlanırken, sudak aşıl原因masından sonra 1961'den sonra bir daha çiçek balığına, 1967'den sonra siraza, 1981'den sonra ise eğreze avcılık istatistiklerinde rastlanmamıştır (Erk'akan & Ekmekçi, 1991, s.78). Gölden avlanan sudak miktarı 1979 yılına kadar artarak 482 tona ulaşmışsa

da daha sonra 1988 yılında 90 tona kadar düşmüştür (Tablo 2). Eğirdir Gölü'nden avlanan balık miktarı 1958-1961 arasında ortalama 850 ton iken 1988 yılında da av miktarı 123 tona kadar düşmüştür. Kısaca sudak aşılması sonucunda hem biyoçeşitlilik hem de su ürünleri üretiminde olumsuz sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Tablo 2. Eğirdir Gölü'nde 1958-1990 Yılları Arasında Avlanan Balık Miktarları (Ton) (Erk'akan ve Ekmekçi 1991'den düzenlenerek alınmıştır.)

Yıllar	Sudak	Sazan	Eğrez	Siraz	Çiçek	Toplam
1958-1961	-	500	25	159	175	850
1961-1964	100	450-500	25	40	-	640
1964-1967	220	550	6	3	-	779
1968-1969	300	500	10	-	-	810
1976	315	100	12	-	-	427
1977	204	90	20	-	-	314
1978	380	120	15	-	-	515
1979	482	117	23	-	-	622
1980	450	120	15	-	-	585
1981	310	128	10	-	-	448
1982	370	160	-	-	-	530
1983	260	125	-	-	-	385
1984	180	120	-	-	-	300
1985	300	80	-	-	-	380
1986	278	20	-	-	-	298
1987	178	63	-	-	-	241
1988	90	33	-	-	-	123
1989	120	30	-	-	-	150
1990	110	35	-	-	-	145

Yabancı ve yırtıcı bir balık türünün aşılması sonucunda ortaya çıkan değişim sadece balık faunasındaki değişimle sınırlı değildir, sonuçta ekosistemdeki değişim omurgasızların kompozisyonunun değişimine hatta su kalitesine dahi etki edebilir.

Ülkemiz iç sularına endemik olan ve günümüzde tükenmiş (EX) statüsünde değerlendirilen balıklardan üçünün, yani yarısının yok olmasında ortama giren yabancı ve istilacı türlerin önemli etkisi söz konusudur. Tarkan, Marr & Ekmekçi. (2015) tarafından iç sulara balıkların girişlerinin, su ürünleri yetiştiricilik faaliyetleri, balıkçılık, başka balıklara karışarak taşınma, biyokontrol amacıyla ortama atılmaları ve süs balıklarının salınması gibi çeşitli

yollarla olabileceği ve her 10 yılda yaklaşık 5 türün ülkemizde iç sulara giriş yaptığı ve bunlardan da 3'ünün yerleşik populasyon kurdukları belirtilmektedir. Balıklandırma ve yeni yerlere kazara taşınan balıklar arasında inci balığı (*Alburnus* sp.), tatlısu levreği (*Perca fluviatilis*), sudak (*Sander lucioperca*), yayın (*Silurus glanis*), kadife (*Tinca tinca*), gök kuşağı alası (*Oncorhynchus mykiss*) ve çeşitli Tilapia türlerinin yanı sıra Antalya-Kırkgöz dişlisazancı (*Paraphanius mentoides*) gibi türlere de rastlanmaktadır. Kserik tatlısular gibi özel bir habitat yapısındaki Van Gölü Havzası, izolasyona bağlı olarak relik türleri barındırmaktadır (Smith vd, 2014, s. 5). Van Balığı-İnci Kefali (*Alburnus tarichi*), Tımar incisi (*Alburnus timarensis*), Erciş bıyıklısı (*Barbus lacerta*), Siraz (*Capoeta damascina*) ve Van mercan balığı (*Oxynoemacheilus ercisanus*) gibi doğal türlere ev sahipliği yapan havzada günümüzde sazan (*Cyprinus carpio*) Gümüşi havuz balığı-halkın ifadesiyle İsrail sazanı (*Carassius gibelio*), Kahverengi alabalık (*Salmo trutta*), Gökkuşağı alası (*Oncorhynchus mykiss*) gibi balık türleri ile Zebra midyesi (*Dreissena polymorpha*) ve kerevitin (*Astacus leptodactylus*) taşınmış olduğu görülmektedir. Havzadaki Nemrut dağı krater gölünde ise Sazan (*C. carpio*) Erciş bıyıklısı (*B. lacerta*) ve doğal yayılış alanı Antalya Kırkgöz kaynakları olan Antalya-Kırkgöz dişlisazancı (*Paraphanius mentoides*) rastlanmaktadır. Bu türlerin yetkililerden izin alınmaksızın yasa dışı şekilde taşınması, ancak halkımızın bu konudaki bilinç eksikliği ile açıklanabilir.

Taşınan yabancı türler her zaman yırtıcı karakterde olmayabilir, Ekmekçi vd. (2013) bazen hastalık etkenlerinin vektörü olmaları ya da besin ve habitat rekabetinde çok başarılı olmalarının da mümkün olduğunu belirtmektedir. İç sularımızda 1982 yılında ilk kaydı Trakya bölgesinden verilen, Çin kökenli küçük bir cyprinid olan *Pseudorasbora parva* – çakıl balığının Wildekamp vd. (1997) tarafından Anadolu'dan da kaydı verilmiştir. Çin'den Romanya'ya 1960'ların başında kazara taşındıktan sonra neredeyse tüm Avrupa'ya yayılan bu istilacı türün ülkemizde de yayılış alanı hızla genişlemiştir (Ekmekçi vd., 2013). Ülkemizde *P. parva* üzerinde yapılan çalışmalarda doğal ve çiftlik balıklar için çok yıkıcı etkiye sahip olan hastalık etkeni *Sphaerothecum destruens*'i taşıdığı Ercan vd. (2015) tarafından saptanmış olup, bu tehdidin biyoçeşitlilik ve su ürünleri üretimindeki olumsuz etkileri dikkate alınarak üzerinde durulması gerekmektedir.

Ülkemizde son yıllarda rastlanan yasa dışı balık taşıma ve aşılama çalışmalarında farklı akvaryum balığı türlerine giderek daha fazla rastlanmaktadır. Hızlı büyüyen ve akvaryumda bakımı zorlaşan Piranha-*Pygocentrus nattereri* (Tarkan, 2006), Afrika mücevher balığı-*Hemichromis letourneuxi* (İnnal ve Sungur, 2019), Panga-*Pangasius sanitwongsei* (Yoğurtcuoğlu ve Ekmekçi, 2018) Leopar Vatoz balığı-*Pterygoplichthys* spp., ve Yürüyen kedi balığı-*Clarias batrachus*, (Emiroğlu vd., 2016, 2020), yeşil kılıçkuyruk (*Xiphophorus hellerii*) ve lepistes (*Poecilia reticulata*) (Kırankaya ve Ekmekçi, 2021) yerleşik populasyonlar oluşturmuştur.

3. TÜRKİYE DENİZ BALIKLARI BİYOÇEŞİTLİLİĞİ

Türkiye'nin coğrafik konumunu, denizlerimizdeki su ürünleri biyoçeşitliliğimizi ve yeni giren türler ile su ürünleri üretimi ilişkisini büyük ölçüde etkilemektedir. Türkiye etrafını çevreleyen denizlerdeki canlılar ile denizel biyoçeşitlilik anlamında da zengin bir ülkedir. Halen BSGM tarafından düzenlenen Türkiye balıkları listeleme çalışmaları devam etmekle birlikte Türkiye yaklaşık 530 kadar deniz balığına ve pek çok omurgasız türe ev sahipliği yapmaktadır. Süveyş Kanalı'nın açılmasının ardından denizel pek çok canlının Kızıldeniz'den Akdeniz'e doğru göçü başlamış ve birçok *İndo*-Pasifik orijinli tür Akdeniz'e geçiş yapmıştır. Sözü edilen göç nedeniyle Akdeniz'de çeşitli değişimler meydana gelmiş ve bu değişimler üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Doğu Akdeniz genelinde 63 lesepsiye balık türünün ekolojik ve ekonomik etkileri, Akdeniz ekosisteminde ve bölgedeki balıkçılık faaliyetlerinde çarpıcı bir şekilde kendini göstermektedir. Türkiye kıyılarındaki lesepsiye balıkların sayısı 35 civarında olup söz konusu lesepsiye türlerin kıyılarımızda ve Doğu Akdeniz'in diğer bölgelerinde yerleşmeleri, bazı yerli türlerin stoklarında ve yaşam alanlarında değişimlere neden olmuştur. Bazı lesepsiye türlerin Akdeniz'de yeterli düzeyde değerlendirilemeyen ekolojik nişleri değerlendirmesi, ekolojik anlamda yararlı bir sonuç olarak yorumlanabilmektedir. Ayrıca, bazı türlerin pazar değerinin yüksek olması, ekonomik anlamda olumlu bir sonuç iken, bazı türlerin balıkçılık faaliyetlerini olumsuz etkiledikleri bilinmektedir.

Devam eden bir süreç olan lesepsiye göçün, ekonomik ve ekolojik açıdan olumlu ve olumsuz etkileri bulunmaktadır. Tarihsel süreçte Ben Tuvia (1985)'nin belirttiği gibi ilk lesepsiye tür, 1869 yılında açılan Süveyş Kanalı'nın açılışından tam 33 yıl sonra 1902'de, Tillier tarafından İskenderiye'de rapor edilmiş olan, *Atherinomorus lacunosus* türüdür. Bu tarihten sonra göçün seyri sürekli takip edilmiş ve son olarak Doğu Akdeniz'deki lesepsiye balıkların sayısı; Akyol vd. (2005) tarafından *Lagocephalus sceleratus* türünün kaydedilmesiyle 61'e, 2005 yılında Corsini vd (2006)., tarafından *Tylerius spinosissimus* türünün kayıt altına alınmasıyla 62'ye yükselmiştir. Ayrıca Corsini vd. (2006), Rodos Adası kıyılarında *Iniistius pavo* türünün varlığını tespit etmişler ve böylece lesepsiye balık türlerinin sayısı 63'e yükselmiştir. Türkiye'nin deniz balıkçılığında Mersin-Samandağ arasındaki bölgede yapılan dip trolü çalışmalarından elde edilen balık türlerinin %43'ünü lesepsiye türler oluşturmaktadır. Orta su trolü çekimlerinde bu oran %35, uzatma ağlarıyla yapılan avcılıkta ise %19'dur. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda, lesepsiye göçün ekonomik anlamda olumlu sonuçlar verdiği akla gelmektedir. Ancak lesepsiye balık türlerinin, ekolojik nişlerini paylaşarak rekabete girdikleri ya da üzerinde predatör baskı kurdukları, bir çok ekonomik öneme sahip yerli türün bolluklarında veya yaşam alanlarında değişimlere neden olabildikleri de bilinmektedir. Çınar vd. (2021) Türkiye denizlerinde 2020'lerin ortasına kadar 18 taksonomik gruba ait, toplam 539 tür saptandığını, bunlardan 404'ünün yerleşik popülasyon oluşturduğunu bildirmektedirler.

Günümüze kadar rapor edilen Kızıl Deniz göçmeni türlerin dağılımından da anlaşılacağı üzere lesepsiyeen göçün etkileri daha çok Doğu Akdeniz'in doğu kıyılarında ve kuzeyinde kendini göstermektedir. Bu durumun nedenleri, Akdeniz siklonik kıyusal akıntısının balık yumurta ve larvalarını sürüklemesi ve Nil Nehri'nin tatlı su girdisinin oluşturduğu hidrografik engel nedeniyle kanalı geçen balıkların, Akdeniz'in kuzey kıyıları boyunca batıya doğru yayılmayı tercih etmeleridir.

Lesepsiyeen türler ile yerli türler arasında habitat paylaşımı gibi ekolojik etkileşimler de söz konusudur. Yapılan araştırmalarda, lesepsiyeen türlerin Doğu Akdeniz'e yerleşmelerinin ardından, bazı yerli türlerin yaşam alanı olarak daha derin suları tercih etmeye başladıkları da tespit edilmiştir. Lesepsiyeen türlerin Akdeniz'e yerleşmelerinin ardından stoklarında belirgin azalmalar gözlenen bir balık türü bulunmamaktadır.

Özdemir ve Ceylan (2007) tarafından Karadeniz'e çeşitli yollarla taşınan türler ele alınmış, 12 türün istem dışı, 13 türün ise isteyerek ithal edildiği kaydedilmiştir. Bu yabancı türlerden deniz salyangozu (*Rapana venosa*) ve bir taraklı olan *Mnemiopsis leidy*'nin Karadeniz'de biyoçeşitliliğe ve su ürünleri üretimine ciddi etkileri olmuştur. Türkiye sularında ilk kez 1962 yılında tespit edilen Japonya'dan gelen gemilerin balast suları ile taşınan *Rapana*, balıkların besinini oluşturan bentik omurgasızlar üzerinde büyük baskı kurmuştur. Bu türün avcılığının yapılması hem deniz salyangozu popülasyonunun kontrolü ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki baskının azaltılması hem de istilacı bir türden ekonomik açıdan yarar sağlanmasına yönelik bir uygulama olarak sürdürülmektedir.

Karadeniz'de 1980'lerde ABD'den gelen gemilerin balast sularıyla taşınan *M. leidy*'nin zooplankton ve balık yumurtaları üzerindeki yoğun predasyonu, balık popülasyonlarının üreme potansiyelini düşürmüş, balık besini olan zooplanktonu tüketerek larval balıklarla besin rekabetine girmiş ve öldükleri zaman deniz tabanında birikerek organik kirliliğin artışına yol açmıştır. Karadeniz'den avlanan başta hamsi olmak üzere balık üretiminin ciddi olarak düşmesine yol açmıştır (Şekil 2). Hamsi üretimi 1988 yılında 295 bin ton iken, 1990 da 66.000 tona kadar gerilemiştir. *M. leidy* kontrolünü ise başka bir yabancı türün girişi sağlamıştır (Özdemir ve Ceylan, 2007). Amerika'dan 1990'lı yılların sonunda gemilerin balast sularıyla Karadeniz'e taşınan *Beroe ovata*'nın *M. leidy*'nin yumurta ve larvaları üzerindeki predasyonu sayesinde popülasyonu hızlı bir şekilde azalmıştır. Tarkan vd. (2024) *Mnemiopsis leidy* tarafından verilen zararın boyutunu parasal olarak 1,18 milyar ABD doları olarak saptamışlardır.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Türkiyede biyoçeşitliliği korumaya yönelik çalışmaların ilk örneklerinden biri olarak 1969 yılında Yedigöller Milli Parkı'nda Alabalık üretim istasyonunun kurularak Abant alası *Salmo abanticus*'un azalan popülasyonuna takviye edilmesine yönelik girişimler verilebilir. Akabinde ilgili Bakanlık tarafından başlatılan uzun süreli balıklandırma çalışmaları geliştirilerek kaynakta bulunan türlerle balıklandırma yapılması uygulama örneklerinden birisidir. Bu kapsamda şimdiye kadar 15 türde yaklaşık 2 milyar balık sularımıza bırakılmıştır. JICA ile iş birliğine gidilerek Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü'nde Kalkan balığı üretilerek doğal stokların güçlendirilmesine katkı sağlanmıştır.

Bununla beraber, güncellenerek 1.1.2020 tarihi itibarıyla yürürlüğe giren 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunuyla yurt dışından canlı su ürünü getirilmesi ve yurt dışına çıkarılması Bakanlığın iznine tabi olmuş ayrıca izinsiz balıklandırma yapılmasına yaptırım uygulaması getirilmiştir.

Biyolojik çeşitliliği koruma ve su ürünleri üretimini artmaya yönelik çalışmalar kısaca değerlendirildiğinde, koruma ve kullanma dengesinin gözetilmesi büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde Su ürünleri ile ilgili çalışmaların kurumsal olarak yönetiminde, 1971-1983 yılları arasında mülga Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, 1984 yılından sonra yine mülga olan Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü sorumlu olmuştur. Bu alandaki faaliyetler, 2011 yılından itibaren ise Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü bünyesinde yürütülmektedir. Genel Müdürlüğün görev ve yetkileri kapsamında oluşturulacak politikalarda ülkemiz sucul biyolojik çeşitli gibi türlere de rastlanmaktadır ilik potansiyelinin koruma/kullanma dengesi gözetilerek sürdürülebilirliğini sağlamak, geliştirmek, sucul çevrenin korunması ve kaliteli/güvenli gıda temini için bu projenin faaliyetleri ve projeden elde edilecek çıktılar ülkemizin su ürünleri ve biyolojik çeşitliliğinin korunmasında büyük bir öneme sahiptir.

BSGM tarafından, istilacı yabancı türlerin başında yer alan balon balıkları üzerinde av baskısı oluşturulup, avcılığının teşvik edilmesi suretiyle hem ekosistemin hem de balıkçılık sektörünün zararının en aza indirilmesi amacıyla 2020 yılı itibarıyla destekleme programı başlatılmıştır. Zehirli olması ve yeterince tanınmaması nedeniyle tüketilmeyen aslan balığı üzerinde av baskısı oluşturulması için nasıl yakalanacağı, temizleneceği ve pişirileceğini anlatan etkinlikler ve tanıtım kampanyaları düzenlenerek, tür tüketime kazandırılmıştır. Bu kapsamda, biyolojik çeşitliliği tehdit eden istilacı yabancı türlerin, ülkemiz sularına girişine yönelik tüm yolların kontrol edilmesi, yeni giriş oranlarının azaltılması ve etkilerinin ortadan kaldırılması veya azaltılması amacıyla bilimsel çalışmalar, mevzuat düzenlemeleri, farkındalık çalışmaları ve stokların baskı altına alınması yönünde çalışmalar yürütülmektedir (BSGM, 2023). Bunun yanısıra genetik çeşitliliğin korunması ve tanıtılması açısından Trabzon'da bulunan Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (SUMAE) bünyesinde Ulusal Su Ürünleri Gen Bankasının 2022'de hizmete girişi büyük önem taşımaktadır.

BSGM ve TAGEM'in iş birliği ile nesli tükenmek üzere olan Acıgöl dişlisazancığının (*Anatolichtyes transgrediens*) Antalya'da bulunan Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitüsünce doğadan alınarak koruma altına alınmış ve 2022 de üretilmeye başlanmıştır.

Denizlerde zarar gören stokların restorasyonu ve rehabilitasyonu için Bakanlıkça uygun yerlerde yapay resif projeleri hayata geçirilmektedir. Uygulamaya 2014 yılından itibaren konulan "Hayalet Ağ Projesi" ile şimdiye kadar denizlerde ve iç sularda 166 milyon m² alan taranarak 1 milyon m²'den fazla hayalet ağ ve 40 bin adet sepet pinter sularımızdan çıkarılmıştır. Bu sayede 3 milyon civarında su canlısının hayatı kurtarılmıştır. Bu uygulamalar kapsamında endemik Batman Bantlı Çöpçü Balığı'nın (*Paraschistura chrysicristinae*) yaşadığı Sason Çayı hayalet av araçlarından temizlenmiştir.

Ülke genelinde 87 korunan alan ilan edilerek buralarda yaşayan, 59 türün avcılığı tamamen yasaklanmıştır. Buna ek olarak, zaman ve boy kısıtlamaları uygulamasıyla türlerin en az bir defa üremeden avlanmasının önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Marmara Denizi'nde müsilajla mücadele kapsamında ekosistem yaklaşımı balıkçılık uygulamaları uygulamaya konulmuştur. Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü koordinasyonunda, çeşitli Üniversitelerden, Kurum , Kuruluş ve Sivil toplum örgütü temsilcilerinin atılımı ile oluşturulan komisyonun çalışmaları sonucunda biyolojik çeşitliliğin korunması açısından büyük bir önem taşıyan , tatlı su -deniz balıkları ulusal tür listeleri hazırlanmıştır. Buna ek olarak; Uluslararası Doğal Hayatı ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN) Kırmızı Liste kriterlerine göre küresel ve yerel ölçkete Nesli Tükenme Tehlikesi Altında Olan Türler ve İstilacı Türler sınıflandırılmaktadır. Türkiye iç su ve deniz balıklarından sonra diğer sucul canlıların da listelenmesi ve koruma statülerinin belirlenmesi koruma çalışmalarının en önemli aşamalarından biridir. Değişen iklim, ekolojik koşullar ve avcılık planlamaları nedeniyle her 10 yılda bir türlerin koruma statülerinin gözden geçirilerek, koruyarak kullanım prensibine uygun şekilde su ürünleri kaynaklarının yönetimi ve koruma eylem planlarının oluşturulması biyolojik çeşitliliğin sürekliliği açısından büyük bir ihtiyaçtır.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akyol, O., Ünal, V., Ceyhan T., & Bilecenoğlu M., (2005). First confirmed record of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Mediterranean Sea. *J. Fish Biol.*, 66: 1183-1186.
- Asche, F., Eggert, H., Oglend, A., Roheim, C. A., Smith, M. D., (2022). Aquaculture: Externalities and policy options. *Rev. Environ. Economics Policy*, 16 282–305. doi: 10.1086/721055.
- Ben-Tuvia, A. (1985). The impact of the Lessepsian (Suez Canal) fish migration on the eastern Mediterranean ecosystem. pp. 367-375. in Moraitou-Apostolopoulou M. and Kiortsis V. (Eds.), *Mediterranean Marine Ecosystems*. New York:Plenum Press.
- Beveridge, M. C. Little D. C. (2002). The history of aquaculture in traditional societies. in *Ecological aquaculture: the evolution of the blue revolution*, (Vol.1, 1–29. doi: 10.1002/9780470995051.ch1.
- BSGM, (2023). *Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü veri Tabanı*.
- Çınar, M.E., Bilecenoğlu, M., Yokeş, M.B., Öztürk, B., Taşkin, E., Bakir, K., Doğan, A. and Açık, Ş. (2021). Current status (as of end of 2020) of marine alien species in Turkey. *PLoS One*, 16(5):e0251086. doi: 10.1371/journal.pone.0251086. PMID: 33945562; PMCID: PMC8096123.
- Corsini, M., Margies, P., Kondilatos, G. & Economidis, P.S. (2006). Three new exotic fish records from the SE Aegean Greek waters. *Scientia Marina*, 70 (2), 319-323.
- Deveciyan, K., (1915). *Türkiye’de Balık ve Balıkçılık*, 2006, Aras Yayıncılık İstanbul
- Emiroğlu, Ö., Ekmekçi F.G., Aksu, S., Başkurt S., Atalay, M.A., and Tarkan, A.S. (2016). Introduction and establishment of tropical ornamental fish, *Pterygoplichthys* spp. (Actinopterygii: Siluriformes: Loricariidae) in hot springs: aquarium trade as a potential risk for biodiversity in Turkey. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 46, 351-356.
- Emiroğlu, Ö., Atalay, M.A., Ekmekçi, F.G., Aksu, S., Başkurt, S., Keskin, E., Ünal, E.M, Yoğurtçuoğlu, B., Tarkan, A.S. (2020). One of the Worlds Worst Invasive Species, *Clarias batrachus* (Actinopterygii: Siluriformes: Clariidae), has arrived and established a population in Turkey, *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 50, 391-400.
- Ekmekçi, F.G. ve Erk’akan, F. (1997). Eğirdir Gölü’ndeki sudak *Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758) popülasyonunda oluşan değişimlerin değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Zoology*, 21: 421-430.
- Ekmekçi, F.G., Kırankaya, Ş.G., Gençoğlu, L. & Yoğurtçuoğlu, B. (2013). Türkiye İçsularındaki İstilacı Balıkların Güncel Durumu ve İstilanın Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 28:105–140.
- Ercan, D., Andreou, D., Sana, S., Öntaş, C., Baba, E., Top, N., Karakuş, U., Tarkan, A.S. & Gozlan, R.E. (2015). Evidence of threat to European economy and biodiversity following introduction of an alien pathogen on the fungal-animal boundary. *Emerging Microbes & Infections*, (4), 9: e52. doi: 10.1038/emi.2015.52.

- Erk'kan, F. ve Ekmekçi, F.G. (1991). Eğirdir Gölü Stok Tesbiti 1990 yılı kesin Raporu, *TÜBİTAK DEB-ÇAG 97/G 113s*.
- Freyhof, J., Özuluğ, M. (2014). *Acanthobrama thisbeae*, a new species of bream from southern Anatolia, Turkey (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, vol.25, no.1, pp.1-10.
- Freyhof, J, Özuluğ, M., Kaya, C, Bayçelebi, E., Turan, D. (2018). Redescription of *Alburnus kotschy* Steindachner, 1863, with comments on *Alburnus sellal adanensis* Battalgazi, 1944 (Teleostei: Leuciscidae). *Zootaxa*. 4382 (3),573-582. doi: 10.11646/zootaxa.4382.3.8. PMID: 29689934.
- Freyhof, J, Bayçelebi E, Geiger, M. (2018). Review of the genus *Cobitis* in the Middle East, with the description of eight new species (Teleostei: Cobitidae). *Zootaxa*, 21;4535(1):1-75. doi: 10.11646/zootaxa.4535.1.1. PMID: 30647339.
- Innal, D., & Sungur, S. (2019). First record of fish *Hemichromis letourneuxi* (Cichlidae) from Pınarbaşı Creek (Burdur, Turkey). *The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University*, 10 (1), 90-94. <https://doi.org/10.29048/makufebd.562523>.
- Kırankaya, Ş.G., and Ekmekçi, F. G. (2021). First Record of a Feral Population of Green Swordtail (*Xiphophorus hellerii*) with an Additional Record of Guppy (*Poecilia reticulata*) in Turkish Freshwaters. *Hacettepe J. Biol. & Chem.*, 2021, 49 (1), 433-441.
- Kosswig, C. (1952). Hidrobiyoloji Enstitüsünün Kuruluş ve Vazifeleri. *Balık ve Balıkçılık Dergisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 1, 1, 11-7.
- Kosswig, C., ve Geldiay, R. (1952) Eğirdir Gölü ve Balıkları. *Balık ve Balıkçılık Dergisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 3, 3, 3-14.
- Küçük, F. (2012). Extinct Endemic Fishes of Turkey: *Alburnus akili* (Göyce) and *Pseudophoxinus handlirschi* (Kavinne) (Pisces: Cyprinidae). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12: 345-347.
- Landau, M. (1992) *Introduction to Aquaculture*. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley and Sons, Inc. 440 pp. ISBN 0-471-57020-6.
- Nümann, W. (1953) İskenderun ve Civarı Balıkçılığı Hakkında İntibalar. *Balık ve Balıkçılık Dergisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü Yayınları*, sayı 9, cilt1, 1-12.
- Özdemir, G. ve Ceylan, B. (2007). Biyolojik İstila ve Karadeniz'deki İstilacı Türler. *Aquaculture Studies*,7, (3), 1-5.
- Primack, R. B. (2010). *Essentials of Conservation Biology*, Fifth Edition. Sinauer Associates, Sunderland MA, xv+601 pp. ISBN: 978-0-87893-640-3.
- Smith, K.G., Darwall, W.R.T., Barrios, V., Numa ,C.,and Isfendiyaroğlu, S. (2014). Background to freshwater biodiversity in the Eastern Mediterranean. Chapter 1, 1-9, in Smith, K.G., Barrios, V., Darwall, W.R.T. and Numa, C. (Editors). *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in the Eastern Mediterranean*. Cambridge, UK, Malaga, Spain and Gland, Switzerland: IUCN. xiv+132pp.

- Tarkan A.S., (2006). A story of piranha in Sapanca Lake. *Av Doğa*. 41, 75-77.
- Tarkan A.S., Marr S.M., Ekmekçi F.G. (2015). Non-native and translocated freshwater fish. *FiSHMED Fishes in Mediterranean Environments*, 3, 1-28.
- Tarkan A.S., Bayçelebi E., Giannetto D., Özden E.D., Yazlık A., Emiroğlu Ö, Aksu S., Uludağ A., Aksoy N., Baytaşoğlu H., Kaya C., Mutlu T., Kırankaya Ş.G., Ergüden D., Per E., İlhan Üremiş İ., Candan O., Kekillioğlu A., Yoğurtçuoğlu B., Ekmekçi F. G., Başak E., Özkan H., Kurtul I., Innal D., Killi N., Yapıcı S., Ayaz D., Çiçek K., Oğuzcan Mol O., Çınar E., Yeğen V., Angulo E., Haubrock P.J., Cuthbert R.N., Soto I, Courchamp F., (in review) Economic costs of non-native species in Türkiye: a first national synthesis.
- Wildekamp, R.H., Neer, W.V., Küçük, F. & Ünlüsayın, M. (1997). First record of the eastern Asiatic gobionid fish *Pseudospora parva* from the Asiatic part of Turkey.. *Journal of Fish Biology*, 51: 858-861.
- Yoğurtçuoğlu B., Ekmekçi F.G. (2018). First record of the giant pangasius, *Pangasius sanitwongsei* (Actinopterygii: Siluriformes: Pangasiidae), from Central Anatolia, Turkey. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 48 241-244.
- Yurtoğlu,N., (2017) Erken cumhuriyet dönemi ve sonrasında Türkiye’de balıkçılık faaliyetleri (1923-1960). *Tarih İncelemeleri Dergisi*, 32 / 1, 233-263.

Yazarlar Hakkında / About Authors

**Prof. Dr. F. Güler EKMEKÇİ | Hacettepe Üniversitesi |
gulere[at]hacettepe.edu.tr | ORCID:0000-0002-2275-5135**

Fitnat Güler EKMEKÇİ 1961 yılında Akşehirde doğdu, ilk ve orta öğrenimini TED Ankara Kolejinde aldı. Lisans eğitimini 1978-1982 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi Biyoloji bölümünde tamamladı. Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsünden 1984 yılında yüksek lisans, 1989 yılında doktora dercesini aldı. 1996 yılında Biyoloji-Hidrobiyoloji alanında Doçentlik ünvanını aldı. Fransa ve İngiltere’de burslu olarak çalışmalarda yer almıştır. H.Ü. Yönetim Kurulunca 2004 yılında Profesörlük ünvanı verildi. 2018-2020 yılları arasında H.Ü. Fen Fakültesi Dekanı olarak görev yapmıştır. Hacettepe Üniversitesinde 1983-1993 yılları arasında Araştırma Görevlisi, 1993 yılından bu yana öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Tatlısu balıklarının sistematığı ve ekolojisi üzerinde ulusal ve uluslararası eserleri ve sunumları bulunmaktadır. Tatlısu balıklarının biyolojik çeşitliliği ve istilacı balık türleri üzerinde çalışmaları ve projeleri devam etmektedir. Yüksek lisans ve doktora öğrencileri yetiştirmiştir. Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IUCN) tür koruma komisyonu Türkiye temsilciliği görevini 2023 ten bu yana sürdürmektedir. Evli ve 2 çocuk annesidir. Çok iyi derecede İngilizce ve iyi derecede Fransızca bilmektedir.

**Prof. Dr. F. Güler EKMEKÇİ | Hacettepe University |
gulere[at]hacettepe.edu.tr | ORCID: 0000-0002-2275-5135**

Fitnat Güler EKMEKÇİ was born in 1961. She completed her undergraduate education at Hacettepe University, Department of Biology between 1978-1982. She received her master’s degree in 1984 and her doctorate degree in 1989 from H.U. In 1996, she received the title of Associate Professor in the field of Biology-Hydrobiology. She has been a scholarship holder in France and England. She was awarded the title of Professor in 2004. Between 2018-2020, she served as the Dean of H.U. Faculty of Science. She has been working Hacettepe Univ since 1993. She has national and international publications and presentations on the systematics and ecology of freshwater fishes. Her studies on the biodiversity of freshwater fishes and invasive fish species continue. She has been the representative of the International Union for Conservation of Nature (IUCN) species conservation commission in Turkey since 2023. She is married and has 2 children. She speaks fluent English and intermediate French.

Dr. M. Altuğ ATALAY | T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı |

altug.atalay[at]tarimorman.gov.tr

Mustafa Altuğ ATALAY, 1972 yılında Kütahya'da doğdu. İlk ve orta öğretimini Kütahya'da tamamlayan Atalay, 1993 yılında, Akdeniz Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesinden Mezun oldu. Aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimleri alanında 2000 yılında yüksek lisans, 2005 yılında doktora eğitimini tamamladı. 1996 yılında Dumlupınar Üniversitesinde Akademik çalışma hayatına başladı. Üniversitedeki görevinden takdirname alarak Tarım Bakanlığı, Kütahya Tarım İl Müdürlüğüne geçiş yaptı ve sırasıyla Şube Müdürü, İl Müdür Yardımcısı ve İl Müdürü olarak görev yaptı. 2011 yılında Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü'nün kurulmasıyla bu Genel Müdürlüğe görevlendirildi. 2011-2016 yıllarında Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğünde Daire Başkanı ve Genel Müdür Yardımcısı, 2016-2024 yılları arasında Genel Müdür olarak görev yapan ATALAY, halen Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğünde Genel Müdür olarak görev yapmaktadır. Tarımsal üretim ve su ürünleri konularda ulusal ve uluslararası birçok çalışmaları ve yayınlarının yanı sıra çok sayıda uluslararası eğitimlere katılmıştır. İngilizce bilmektedir. Evli ve dört çocuk babasıdır.

Dr. M. Altuğ ATALAY | Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry |

altug.atalay[at]tarimorman.gov.tr

Mustafa Altuğ ATALAY was born in Kütahya in 1972. graduated from Akdeniz University, Eğirdir Fisheries Faculty in 1993. He completed his master's degree in 2000 and his doctorate in 2005 in the field of Basic Sciences of Fisheries at the Institute of Science of the same university. In 1996, he started his academic career at Dumlupınar University. He moved to the Ministry of Agriculture, Kütahya Provincial Directorate of Agriculture and worked as Branch Manager, Deputy Provincial Director and Provincial Director respectively. Mustafa Altuğ ATALAY, served as Head of Department and Deputy General Manager in the General Directorate of Fisheries and Aquaculture between 2011-2016 and as General Manager between 2016-2024, is currently working as General Manager in the General Directorate of Agricultural Research and Policies. In addition to many national and international studies and publications on agricultural production and aquaculture, he has participated in many international meetings. Dr Mustafa Altuğ Atalay speaks English. He is married and has four children.

Doç. Dr. Mahir KANYILMAZ | T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı |

mahir.kanyilmaz[at]tarimorman.gov.tr

Mahir KANYILMAZ, 1971 yılında Burdur, Gölhisar'da doğdu. İlk ve orta okulu Burdur, Altınyayla'da, liseyi Ankara Laborant Meslek Lisesinde tamamladı. 1988'de Van İl Kontrol Laboratuvarında laborant olarak göreve başladı. 1990 yılında Antalya Kepez Su Ürünleri Üretim İstasyonu Müdürlüğü'ne atandı. 1994 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümünden mezun oldu. Çukurova Üniversitesinde, Su Ürünleri Yetiştiriciliği alanında, 2008 yılında Yüksek Lisans, 2012 Doktora eğitimini tamamladı. 2017'de Su Ürünleri Yetiştiriciliği alanında Doçent unvanı aldı. Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Üretim ve Eğitim Enstitüsünde 2016-2018 yıllarında Müdür Yardımcılığı görevini yürüttü. 2018 yılı aralık ayından itibaren Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Kaynak Yönetimi ve Balıkçılık Yapıları Daire Başkanı olarak görev yapmaktadır. Su ürünleri alanında ulusal ve uluslararası alanda Su ürünleri konularında birçok çalışmalarda bulunan KANYILMAZ, uluslararası eğitimlerde eğitici olarak görev almış olup, çok sayıda bilimsel yayını vardır. İyi derecede İngilizce bilmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır.

Doç. Dr. Mahir KANYILMAZ | Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry |

mahir.kanyilmaz[at]tarimorman.gov.tr

Mahir KANYILMAZ was born in 1971 in Gölhisar, Burdur. In 1994, he graduated from Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Sciences. He completed his Master's degree in 2008 and PhD in 2012 in the field of Aquaculture at Çukurova University. In 2017, he received the title of Associate Professor in the field of Aquaculture. He worked as the Deputy Director of the Mediterranean Fisheries Research, Production and Training Institute between 2016 and 2018. In November 2018, he was appointed as the Head of the Department of Resource Management and Fisheries Structures in the General Directorate of Fisheries and Aquaculture and he is still working in this position. KANYILMAZ, who has carried out many studies in the field of aquaculture in the national and international arena in the field of aquaculture, has taken part as a trainer in international trainings and has many scientific publications. He is fluent in English. He is married and has two children.



BİYOTEKNOLOJİ VE BİYOÇEŞİTLİLİK İLİŞKİSİ

THE RELATION OF BIOTECHNOLOGY AND BIODIVERSITY

Hatice GÜLEN

BİYOTEKNOLOJİ VE BİYOÇEŞİTLİLİK İLİŞKİSİ

Hatice GÜLEN
İstinye Üniversitesi

Özet

Biyoteknoloji günlük hayatımızın bir parçası olmaya başlamış olsa da geleneksel uygulamaları oldukça eskiye dayanır. Biyoteknoloji, insanlığın yararına ürünler sağlamak amacıyla canlı organizmalarda değişiklik ve iyileştirmelere olanak tanıyan çeşitli teknikleri ve uygulamaları kapsar. Dolayısıyla biyoteknolojinin uygulama alanlarından birisi de, biyolojik çeşitliliğin korunması, değerlendirilmesi ve kullanılmasıdır. Biyoçeşitlilik, genel anlamıyla türler ve ekosistemler arasında ve içerisinde canlı organizmalardaki farklılık şeklinde tanımlanır. Her ne kadar geleneksel veya doğal yollardan biyoçeşitliliğin arttırılması söz konusu olsa da günümüzde biyoteknoloji sayesinde ıslah çalışmalarında daha kısa sürede etkili sonuçlara ulaşmak mümkün olmuştur. Bununla birlikte artan nüfus, yaşlanan toplum, yok olan doğal kaynaklar buna karşın yeni kaynak arayışları ve küresel tehditler 'biyoekonomi' kavramını doğurmuştur. Biyoekonomi, çeşitli biyolojik kaynakları üreten, yöneten ve kullanan tüm sektörleri kapsamakla birlikte tarımın öncü role sahip olduğu bilinmektedir. 2030 yılında biyoekonominin en önemli unsurlarından birinin biyoteknolojik uygulamaların disiplinlerarası entegrasyonu olacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle ülkeler, mevcut biyolojik kaynaklarını biyoteknolojiden yararlanarak tanımlayan, koruma altına alan ve gen bankaları oluşturarak bu kaynakların güvenli bir şekilde kullanımını sağlayan sistemler geliştirmektedir. Zengin biyoçeşitliliğiyle dünyanın sayılı ülkeleri arasında yer alan ülkemizde de benzer şekilde ulusal stratejiler ve eylem planlarının oluşturulması, teknolojik ilerlemelerin önünün açılması ve desteklenmesi kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler

Biyoteknoloji, Biyoçeşitlilik, Biyoekonomi, Gen bankası, Genetik barkodlama

THE RELATION OF BIOTECHNOLOGY AND BIODIVERSITY

Hatice GÜLEN
İstinye University

Abstract

Although biotechnology has begun to become a part of our daily lives, its traditional applications date back to ancient times. Biotechnology encompasses a variety of techniques and practices that enable modifications and improvements in living organisms to provide products for the benefit of humanity. Therefore, one of the application areas of biotechnology is the conservation, evaluation and utilization of biological diversity. Biodiversity is broadly defined as the variation in living organisms between and within species and ecosystems. Although it is possible to increase biodiversity through traditional or natural ways, today, thanks to biotechnology, it has become possible to achieve effective results in breeding studies in a shorter time. However, increasing population, aging society, disappearing natural resources, search for new resources and global threats have given rise to the concept of 'bioeconomy'. Although bioeconomy covers all sectors that produce, manage and use various biological resources, it is known that agriculture has a leading role. It is estimated that one of the most important elements of the bioeconomy in 2030 will be the interdisciplinary integration of biotechnological applications. For this reason, countries are developing systems that identify and conserve their existing biological resources by using biotechnology and ensure the safe use of these resources by creating gene banks. Similarly, in Türkiye, which is among the few countries in the world with its rich biodiversity, creating national strategies and action plans, paving the way for and supporting technological advances is of critical importance.

Keywords

Biotechnology, Biodiversity, Bioeconomy, Gene bank, Genetic barcoding

1. GİRİŞ

Saygın fizikçi Freeman Dyson, 2007 yılında New York Review of Books'ta yayınlanan bir makalesinde şöyle yazmıştır: “Yirminci yüzyılın fizik yüzyılı, yirmi birinci yüzyılın ise biyoloji yüzyılı olacağını söylemek, kabul edilen bilgeliğin bir parçası haline geldi” (Dyson, 2007). Sentetik biyoloji ve genom mühendisliği gibi en ileri biyoteknolojiler, sağlığı geliştirme ve hastalıkları tedavi etme, gıda güvensizliğini ele alma, iklim değişikliğini hafifletme, biyo-savunmayı güçlendirme yeteneğimizi geliştirme fırsatları sunuyor ve son yıllarda daha fazla hissettiğimiz gibi, gelecekteki salgınlarla mücadele etme imkanları oluşturuyor.

Biyoloji bilim alanıyla yakından ilişkili olan biyoteknolojinin çok çeşitli kaynaklarda farklı şekillerde tanımları yer almaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nun Biyoteknoloji ve Genetik Mühendisliği Sözlüğündeki açıklama en yalın tanımlama olarak kabul görmüştür (FAO, 1999). Buna göre biyoteknoloji, biyolojik süreçlerin veya organizmaların insanlığa fayda sağlayan malzeme ve hizmetlerin üretimi için kullanılmasıdır. Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü (OECD) kaynaklarında ise, daha geniş bir şekilde biyoteknoloji, bilgi, mal ve hizmet üretimi amacıyla canlı veya cansız materyalleri değiştirmek için bilim ve teknolojinin canlı organizmalara, bunların parçalarına, ürünlerine ve modellerine uygulanması olarak tanımlanmıştır (OECD, 2021). Buna göre biyoteknoloji, ekonomik açıdan önemli bitki ve hayvanların özelliklerinin iyileştirilmesine ve çevreye etki edecek mikroorganizmaların geliştirilmesine yönelik tekniklerin kullanılmasını içermektedir. Ek olarak aynı sözlükte biyoteknoloji için hormonlar, aşılar veya monoklonal antikorlar gibi yeni ürünler üretmek için canlı organizmaların özelliklerle moleküler genetik düzeyde bilimsel manipülasyonu şeklinde açıklamaya yer verilmiştir.

Her ne kadar 20. y.y.'ın ikinci yarısından sonra bilim ve teknolojiye gelişmelerle biyoteknoloji her alanda yaygınlaşmaya başlamış ve 21.yy. ile birlikte günlük hayatımızın bir parçası haline gelmiş olsa da biyoteknolojinin bilinen tarihi çok daha eski dönemlere uzanmaktadır. Dolayısıyla biyoteknolojinin tarihsel gelişimini üç ana dönemde tanımlamak mümkündür.

1. Geleneksel biyoteknoloji, neredeyse insanlık tarihi kadar eski olup milattan önceki dönemlerde yaygın olarak uygulama alanı bulmuş olan temelde fermantasyon teknolojilerine dayanmaktadır. Bu dönem için ekmek, şarap, bira, peynir yapımı gibi örnekler verilebilir.
2. Ara dönem biyoteknolojisi 19.yy'da yoğunluk kazanmış olup temelde biyolojik sistemlerin endüstride kullanımını ve yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bu dönemde aşı ve antibiyotik geliştirme, enzim, protein, karbonhidrat, organik asitler vb. uygulama örneklerine rastlanmaktadır.

3. Modern biyoteknoloji dönemi ise, 20.yy'ın ikinci yarısında başlayarak günümüze kadar büyük bir hızla devam eden genel olarak moleküler genetik ve rekombinant DNA teknolojisine dayanır. Genel olarak mutant veya transgenik organizmaların geliştirilmesi (mikrobiyoloji, biyoloji, biyokimya, insan ve hayvan sağlığı, hayvan ıslahı, tarım, çevre vb.) ve biyoinformatik çalışmalara (genom kitaplığı/Gen Bankası Biyoteknolojik aşılar, proteinler, enzimler, antibiyotikler, hormonlar, sitokinler, monoklonal antikorlar, teşhis koruma ve tedavi araştırmalarında kullanılan diagnostik maddeler ve kimyasallar vb.) ait uygulamaları kapsamaktadır.

Günümüzde tüm sektörlerde etkin olarak kullanılan biyoteknolojinin uygulama alanları tıbbi biyoteknoloji, tarımsal biyoteknoloji, endüstriyel biyoteknoloji ve su ürünleri biyoteknolojisi şeklinde 4 başlıkta toplamaktadır. Tıbbi biyoteknoloji genel olarak aşı, antikor ve ilaç geliştirilmesi, genetik hastalıkların tespit ve tedavisi, bakteriler sayesinde hormon üretilmesi (insülin), bulaşıcı hastalıklara karşı protein üretilmesi, çeşitli hastalıkların tedavisinde genetik ürünlerin elde edilmesi (Kanser, AIDS, Lösemi vb.), gen tedavisi, genetik hastalıklarda kök hücrelerin kullanılması gibi alanları kapsamaktadır. Tarımsal biyoteknoloji yaygın olarak verimliliğin ve kalitenin artırılması, biyotik/abiyotik streslere dayanıklı/toleranslı bitkilerin geliştirilmesi, bitkisel ve hayvansal hastalıkların tanınması, nitelikli tohum, genetik kaynakların korunması, gen bankalarının oluşturulması konularını kapsamaktadır. Endüstriyel biyoteknoloji genel olarak metabolit üretimi, mikroorganizma geliştirilmesi ve üretilmesi, enzim ve protein geliştirilmesi ve üretimi, geri dönüşüm, arıtma, biyoenerji, biyogübre vb. çevre dostu sürdürülebilir çözümler geliştirilmesi konularında çalışmalar yapmaktadır. Su ürünleri biyoteknolojisi ise, deniz ürünleri, ilaç hammaddeleri, deniz mikroorganizmaları, biyosensörler gibi alanları kapsamaktadır.

İstatistiklere göre 2050 yılında dünya nüfusunun 9,3 milyara ulaşması beklenmektedir (UN, 2011). Dolayısıyla artan nüfus, yaşlanan toplum, yok olan doğal kaynaklar buna karşın yeni kaynak arayışları, büyüyen enerji ihtiyacına karşı verimlilik arttırıcı çalışmalar, iklim değişikliği ve artan çevresel kaygılar, daha uzun sağlıklı yaşam arzusu, gıdada değişen tüketici davranışları ve tercihleri, sürdürülebilir ekonomik büyüme vb. faktörler 'biyoekonomi', 'döngüsel ekonomi' ve 'yeşil ekonomi' kavramlarını ortaya çıkartmıştır. Biyoekonomi, biyoteknolojinin ekonomik çıktısının (ürünün) önemli bir payına katkıda bulunması olarak tanımlanmaktadır (OECD, 2009). Biyoekonomi, tarım, gıda, ormancılık, su ürünleri başta olmak üzere çeşitli biyolojik kaynakları üreten, yöneten ve kullanan tüm endüstri ve sektörleri kapsamaktadır. Biyoteknoloji sektörlerine göre yapılan Ar-Ge harcamalarının payı tarım sektöründe 2003 yılında %4 iken 2030 yılı tahminine göre bu oranın %36 olması beklenmektedir (Tablo 1).

Biyoekonominin 2030 yılında içereceği üç muhtemel unsurun: genler ve karmaşık hücre süreçleri hakkında ileri düzeyde bilgi, yenilenebilir biyokütle ve biyoteknoloji uygulamalarının sektörler arası entegrasyonu olacağı tahmin edilmektedir. Bu gelişmeler doğrultusunda biyoekonomi ve biyoteknoloji alanlarında faaliyet gösteren firmaların sayıları da artmaktadır. Dünyada veri tabanına kayıtlı olan biyoteknoloji firma sayısı 2019 yılı itibarıyla 53.654'e ulaşmıştır. Ülkesel sıralamada ise ABD birinci sırada yer almaktadır (BIOTECH GATE, 2019).

Dünyada kırktan fazla ülkede biyoekonomi stratejisi belirlenmiştir. Küresel işbirliğini sağlamak için 2017 yılında Uluslararası Biyoekonomi Forumu (IBF) Avrupa Komisyonu ve Kanada'nın başkanlığında kurulmuştur. Ayrıca faaliyet gösteren pek çok forum, konsey, komite bulunmaktadır. Türkiye'de ise ilk kez 2013 tarihinde Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından düzenlenen Biyoekonomi Çalıştayında konunun Türkiye açısından önemi ortaya konularak farkındalık oluşturulmuştur. Bu çalıştayda biyoekonomi yönlendirme kurulunun kurulması, paydaş kurum ve kuruluşların ve rollerinin belirlenmesi, ülkesel biyoekonomi stratejisinin oluşturulması için çalışma grubu kurulması, envanter çalışmalarının başlatılması, Türkiye'nin tematik önceliklerinin belirlenmesi, strateji hazırlanması ve izlenmesine karar verilmiştir (TAGEM, 2013).

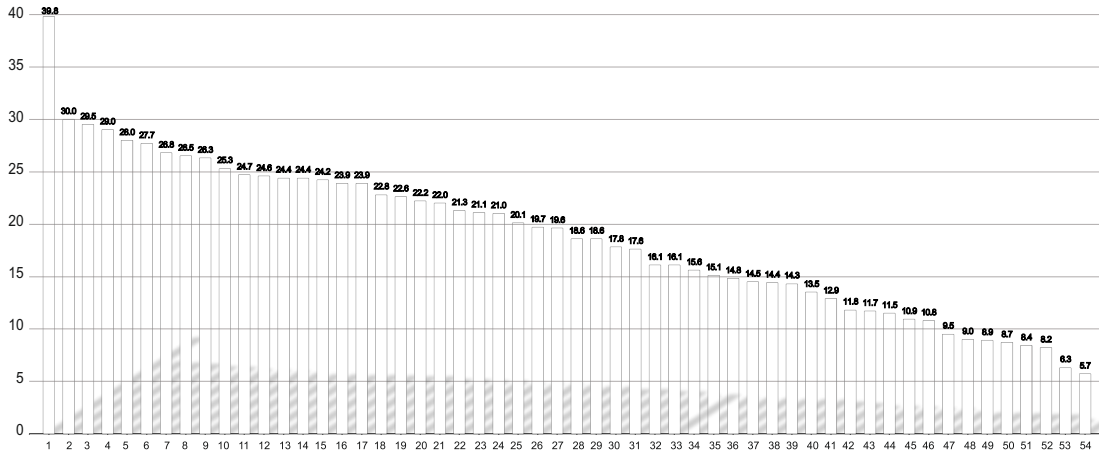
Endemik bitki bakımından zengin olan ülkemiz, bu zengin biyoçeşitliliğin sürekliliğini sağlayarak etkili ve verimli kullanımı/faydalanılması hakkında yasal düzenlemelerini ve teknolojik altyapı ve insan kaynağını oluşturmali ve biyoçeşitlilik korunabilmelidir. Bunun için de etkili bir biyoekonomi stratejisinin belirlenmesi ve dünya genelindeki güncel gelişmelere ayak uydurması gerekmektedir (Arisoy & Avcı, 2020).

Tablo 1. OECD Ülkelerinde Geleceğin Biyoteknoloji Pazarı ve AR-GE Harcamaları (OECD, 2009)

Sektörler	OECD ülkelerinde geleceğin biyo-teknoloji pazarlarına yapılan Ar-Ge harcamalarının payı (%) (2003)	OECD ülkelerinde 2030 yılındaki biyoteknoloji brüt katma değeri içerisinde tahmini sektör payları (%) (2030)
Sağlık	87	25
Tarım	4	36
Sanayi	2	39
Diğer	7	-
Toplam	100	100

Bilindiği üzere birleşmiş milletler sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin ana prensibini doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ile ekonomik büyüme oluşturmaktadır. Dolayısıyla biyoekonomiler, ülkesel ve bölgesel farklılıklar göstermektedir. Bunun temellerini, doğal kaynakların çeşitliliği, orman alanları ve doğal bitki örtüsü, tarımsal ürünler ve atıkları, atık toplama ve değerlendirme süreçleri, yerel altyapı, toplumsal farkındalık ve ulusal politikalar oluşturur. Her ülke kendi koşullarına ve sahip olduğu bahsi geçen temel unsurlarına göre ulusal biyoekonomi politikalarını oluşturmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Almanya, Finlandiya özel biyoekonomi stratejileri veya Kanada, Çin, Hindistan, Rusya, Avustralya biyoekonomiyle ilgili stratejiler geliştirmişken, yakın ve orta doğu ülkeleriyle, Afrika kıtasının büyük bölümü ve Balkanlar ile doğu Avrupa ülkelerinde biyoekonomi stratejisiyle ilgili herhangi bir çalışmanın henüz yapılmadığı görülmektedir. Türkiye, İtalya ve İspanya'da ise özelleştirilmiş stratejiler geliştirilme aşamasındadır (German Bioeconomy Council, 2018).

Eğitim ve araştırma anlamında biyoteknoloji alanında faaliyet gösteren kurum ve kuruluşların, araştırma merkezlerinin sayısının her geçen gün artması, bu birimlerde biyoteknoloji odaklı araştırma projelerinin yürütülmesi biyoteknoloji ekosisteminin oluşmasına önemli katkılar yapmaktadır. Ayrıca günümüzde hemen her alan biyoteknoloji ile ilintili olabilmekte, bu da disiplinlerarası çalışmaları tetiklemektedir. Böylelikle makale, patent, ticari ürün gibi etki değeri yüksek çıktılara ulaşılabilir. Bu da ülkelerin biyoteknolojide ulaşabilecekleri küresel etkiyi oluşturmaktadır. Scientific American WorldView raporunda (SAWV, 2016) yer verilen bu ölçeklendirmede verimlilik, fikri mülkiyet hakları, araştırma yoğunluğu, girişimci desteği, eğitim/beşerî sermaye, alanla ilgili kurumlar, politika ve istikrar başlıklarıyla 7 parametre değerlendirmeye alınmaktadır. Değerlendirme sonuçlarına göre Türkiye'nin biyoteknoloji ekosistemindeki mevcut durumu oldukça yetersizdir. Biyoteknoloji ekosisteminin gelişmişliği anlamında dünya genelinde değerlendirmeye alınan toplam 54 OECD ülkesi arasında Türkiye, 46. sırada yer almıştır. (SAWV, 2016). Rapora göre Türkiye'deki biyoteknoloji ekosistemindeki faaliyetler en fazla temel bilimler özellikle fizik, ikinci kimya, üçüncü çevre bilimleri, dördüncü olarak da yaşam bilimlerinde yoğunlaşmıştır (Şekil 1).



Şekil 1: Biyoteknoloji Ekosisteminin Gelişmişliği (Scientific American WorldView-SAWV Scorecard, 2016'dan uyarlanmıştır). Ülkelerin sıralaması: 1-ABD, 2-Singapur, 3-Danimarka, 4-Yeni Zelanda, 5-Avustralya, 6-İsviçre, 7-Finlandiya, 8-İngiltere, 9-İsveç, 10-Kanada, 11-Hongkong, 12-Almanya, 13-İsrail, 14-Hollanda, 15-Japonya, 16-İrlanda, 17-Fransa, 18-Avusturya, 19-Norveç, 20-Belçika, 21-Lüksemburg, 22-İzlanda, 23-Taivan, Çin, 24-Güney Kore, 25-Estonya, 26-Birleşik Arap Emirliği, 27-Malezya, 28-Katar, 29-İspanya, 30-Çek Cumhuriyeti, 31-Portekiz, 32-Şili, 33-Litvanya, 34-Slovak Cumhuriyeti, 35-Güney Afrika, 36-Polonya, 37-Macaristan, 38-İtalya, 39-Latvia, 40-Suudi Arabistan, 41-Çin, 42-Yunanistan, 43-Meksika, 44-Rusya, 45-Tayland, 46-Türkiye, 47-Brezilya, 48-Porto Riko, 49-Hindistan, 50-Filipinler, 51-Kuwait, 52-Endonezya, 53-Ukrayna, 54-Arjantin

Biyoteknoloji endüstrisinde özellikle Asya'daki ülkelerde büyük gelişmeler ve ilerlemeler söz konusu olmakla birlikte Amerika Birleşik Devletleri lider konumunu sürdürmektedir. Dünya genelinde biyoteknolojinin geliştirilmesi yönünde stratejik kararlar alındığı, yasal düzenlemeler yapıldığı, araştırmalarda öncelikli alan olarak ilan edildiği, alana özel araştırma çağrılarının açıldığı ve araştırma fonlarının tanımlandığı görülmektedir. Bu alanda nitelikli insan kaynağı yetiştirilmesine yönelik ise yeni eğitim programlarının sayısının yıllar içinde arttığı ve çeşitlendiği dikkat çekicidir. Ülkemizde ise TÜBİTAK başta olmak üzere araştırma fonu sağlayıcı kuruluşların bu alanı önceliklendiren ve farkındalık yaratan girişimleri özellikle son yıllarda artmaya başlamıştır. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı Kalkınma Planlarından 7. Kalkınma Planında (1996-2000) öncelikli alanlar arasında biyoteknolojiye ilk kez yer verilmiştir. Bunun devamındaki kalkınma planlarında Biyoteknoloji yer almaya devam etmiş, en geniş haliyle ise 11. Kalkınma Planında (2019-2023) 4 ayrı madde numarasıyla var olmuştur (Madde 24, 355, 364.4, 416.2). Bunlardan özellikle 416.2 numaralı maddede "Araştırma enstitülerinde hayvan ve bitki ıslahı, biyoteknoloji ve biyoçeşitliliğin korunması alanları öncelikli olmak üzere yürütülen çalışmalar kamu, üniversite ve özel sektör işbirliği çerçevesinde desteklenecektir" ifadesiyle "Biyoteknoloji ve Biyoçeşitliliğin korunması" birlikte anılmıştır (SBB, 2019).

2. BİYOÇEŞİTLİLİĞİN ARTTIRILMASINDA BİYOTEKNOLOJİK ARAÇLAR

2.1. Biyoçeşitlilik için Biyoteknoloji

Biyolojik çeşitlilik (biyoçeşitlilik) en yalın haliyle canlı organizmalar arasındaki değişkenlik olarak tanımlanmaktadır. Türler ve ekosistemlerin her birinin içindeki ve birbirleri arasındaki çeşitliliğe işaret edebilir. Biyoçeşitlilik aynı zamanda, yaklaşık 10.000 yıl önce tarımın başlangıcından bu yana evcilleştirilen ve yetiştirilen tüm bitki ve hayvan türlerinin kaynağı, tarımın da temeli olarak kabul edilmektedir (Cooper vd., 2005) . Örneğin mısır ve buğday gibi ürünler insanlar tarafından tüketilmeyen yabani bitki türleri iken yıllar içerisinde kültüre alınma sonucunda önemli bir besin kaynağı haline gelmiştir. Günümüze kadarki evrim süreci içinde bir kısım türler değişen koşullara göre yaşamını idame ettirmek için farklılaşırken bir kısmı da kültüre alınma sonucunda farklı kullanım amacına ve tüketim tercihlerine cevap verebilmek adına hedefe yönelik yapılan uygulamalarla farklılaştırılmış ve böylece çok farklı genetik özelliklere sahip yeni çeşitler ekosisteme kazandırılmıştır. Gregor Mendel'in 1860'lı yıllarda ortaya koyduğu keşiflerle ilerleyen ve klasik ıslah olarak bilinen uygulamalardan günümüze kadar ıslah çalışmalarındaki gelişmeler pek çok yeni çeşitlerin kültüre kazandırılmasını sağlamıştır. Özellikle 1950'li yıllardan sonra bu tür çalışmalarda kullanılan en etkili araçlardan birisi biyoteknoloji olmuştur. Bu anlamda biyoteknoloji ile klasik ıslah birbirlerine rakip ya da birbirinin alternatifi olmayıp aksine birbirini tamamlayan yöntemlerdir. Dolayısıyla biyoteknoloji günümüzde özellikle önemli ürünler için biyolojik çeşitliliğin korunması, değerlendirilmesi ve faydalanılması amacıyla kullanılmaktadır (Singh, 2000).

2.2. Biyoçeşitliliğin Korunmasında Biyoteknoloji

Günümüzde dünyanın farklı yerlerinde hızlı bir şekilde belirli türlerin, tür gruplarının kaybı (yok olması) veya belirli canlı tür ve/veya çeşitlerinin sayısında azalma (tehlikeye girme) yaşanmaktadır. Bu kayıpların genellikle ekosistem veya habitatteki bozulma veya yıkımın belirtileri olduğu rapor edilmiştir (Amman, 2005). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün raporuna göre, tarımsal pek çok ürünlerdeki genetik çeşitliliğin yaklaşık dörtte üçünün son yıllarda çeşitli sebeplerle zarar gördüğü, kaybolduğu veya risk altında olduğu tahmin edilmektedir (FAO, 2019)

DNA Bankaları: DNA bankası, biyolojik çeşitlilik için genetik kaynakların korunmasında kullanılan etkili, basit ve uzun vadeli bir yöntemdir. Geleneksel tohum veya tarla gen bankalarıyla karşılaştırıldığında, DNA bankaları genetik bilginin doğal ortamda açığa çıkma riskini azaltır. Bu yöntemle depolama, canlı organizmanın en küçük biriminin yani DNA'nın kullanılması esasına dayanır. Böylece DNA'nın kararlı yapısı bozulmadan soğuk depoda veya dondurularak uzun süre muhafaza edilir. İhtiyaç halinde DNA'dan organizmanın tamamının elde edilebilmesi için bu genetik materyalin biyoteknolojik yöntemlerle uygulamaya aktarılması gerekir (de Vicente & Andersson, 2006).

Doku kültürü teknikleri aynı zamanda bitki biyoçeşitliliğinin korunması açısından da değerlidir (Reed, vd., 2011). Bu teknikler temelde 3 adımı içerir: (i) kültürün başlatılması, (ii) kültürün sürdürülmesi ve çoğaltılması, (iii) depolanması. Depolama orta vadeli olarak kabul edilen birkaç aydan birkaç yıla kadar kültürde yavaş büyüme stratejilerinin uygulanmasından ibarettir. Belirsiz depolama daha uzun süreye işaret eder, bunun için kriyoprezervasyon yöntemi uygulanır. Kriyoprezervasyonda bitki dokuları işlenerek yapay tohum haline getirilir ve büyümeyi engellemek için çok düşük sıcaklıklarda muhafaza edilir. Kriyoprezervasyon, diğer muhafaza yöntemlerine göre rejenerasyon sürecinde %20'ye varan artışa olanak verir (Paunescu, 2009).

Dünya genelinde başta Uluslararası Pirinç Araştırma Enstitüsü, Güney Afrika Ulusal Biyoçeşitlilik Enstitüsü ve Japonya'daki Ulusal Tarımsal Biyolojik Bilimler Enstitüsü olmak üzere çok sayıda DNA bankası mevcuttur. Gen bankalarının veri tabanları, bilgi teknolojileri, coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve DNA işaretleyici (genetik barkodlama) teknolojisindeki ilerlemelerle zenginleştirilmiştir. Bu teknolojiler aracılığıyla elde edilen biyoçeşitliliğin DNA değerlendirmesine ilişkin bilgiler, özellikle yabani türlerde bulunan önemli genlerin araştırılmasına yardımcı olur. DNA koleksiyonlarındaki bilgilere açık erişim için bazı veri tabanları oluşturulmuştur. Global Biodiversity Information (www.gbif.net), Species 2000 (www.species2000.org) bunlara örnek olarak gösterilebilir (Hodkinson, vd., 2007).

2.3. Genetik Çeşitliliğin Değerlendirilmesinde Biyoteknoloji

Germplazm, yeni bitkilerin oluşabileceği canlı dokuları anlamına gelir, germplazma ise türün genetik yapısı hakkındaki bilgiyi içerir. Bu, bir bitkinin tamamı olabileceği gibi bitkinin yaprak, gövde, polen gibi bir kısmı ya da sadece birkaç hücresi de olabilir. Bu konuda çalışan araştırmacılar hastalıklara, sürekli gelişen zararlılara ve çevresel streslere karşı dayanıklı, daha iyi verimli ve kaliteli yeni çeşitlerin nasıl geliştirilebileceğinin yollarını bulmak için bitki genlerinin çeşitliliğini fiziksel, genetik, ekonomik, biyokimyasal, fizyolojik, patolojik ve entomolojik özellikler bakımından değerlendirir. Bu araştırmaların temelini moleküler markörler oluşturur.

Moleküler markörler: Genetik çeşitliliğin belirlenmesinde, tür ve çeşit tespitinde ve genetik haritaların oluşturulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Moleküler markörler, bir kromozomdaki spesifik genlere yakından bağlı bir DNA segmenti oluşturan kısa diziler veya nükleik asit dizileridir. Dolayısıyla eğer işaretleyiciler mevcutsa ilgili spesifik gen de mevcut demektir. Tek nükleotid polimorfizmleri (SNP'ler) gibi işaretleyici destekli seçim (MAS), yeni çeşit geliştirme çalışmalarında tüm genomu yayılmış binlerce işaretleyici içeren genotipleme dizileri tasarlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Ganal vd., 2012; Ipek vd., 2016). Dolayısıyla çeşitli ıslah programlarında kullanılma olanağı mevcuttur. Bitkisel uygulamalarda seçilen bitkilerde istenilen özellikler gözlemlendikten sonra bu genotipler

modern veya geleneksel ıslah yöntemleriyle mevcut çeşitlere dahil edilir. İstenilen özelliğe sahip olarak geliştirilen bitkiler, tarımsal özelliklerinin değerlendirilmesi örneğin hastalıklara veya zararlılara karşı dayanıklılık için arazi koşullarında test edilebilir. Seçilen bitkiler geleneksel yollarla veya doku kültürü gibi biyoteknolojik tekniklerle çoğaltılabilir. Genomik, proteomik ve metabolomik araştırmalardaki son gelişmeler, ıslah çalışmalarının yanısıra farmasötik, nutrasötik, tarım ve çevre sektörlerinde biyolojik ürün ve moleküllerin araştırılması, tanımlanması ve ticari kullanımı için de büyük imkanlar sunmaktadır (Roca vd., 2004).

2.4. Biyoçeşitliliğin karakterizasyonu ve tanımlanması

Nesli tükenmekte olan ürün çeşitlerine yönelik etkili koruma programları oluşturmak için bunların genetik akrabalıklarını ve diğer akrabalarından uzaklıklarını değerlendirmek önemlidir.

Son yıllara kadar ticari üretimde kullanılan yerel çeşitlerin ve genotiplerin çoğu, fenotipik karakterler ve morfolojik tanımlayıcılar kullanılarak karakterize edilmiştir. Ancak morfolojik ve fenotipik karakterler ile fizyolojik özellikler çevreden etkilenebilir, bu da karakterizasyonu belirsiz hale getirir. Bu nedenle yabani türler dahil yetiştirilen çeşitlerin birçoğunun aslına doğruluğu hakkında karışıklığa sebep olmaktadır. Moleküler tekniklerin gelişmesiyle birlikte günümüzde çevresel faktörlerden etkilenmeyen DNA tabanlı markörlerle elde edilen daha güvenilir bilgilerle genotiplerin karakterizasyonu ve tanımlanması yapılabilmektedir (Wünsch & Hormaza, 2002; Gulen vd., 2010). Bu tür bilgiler, genellikle elektroforez tekniği sayesinde gerçekleştirilen DNA profili oluşturma yoluyla elde edilebilir. DNA profili diğer bir deyişle parmak izi oluşturma, DNA'nın kısa ardışık tekrarlar (STR'ler) adı verilen bir dizininin tekrarlanan bölümlerini içerir. Organizmalar, her ebeveynden farklı sayıda tekrarlanan diziyi miras alır ve bir STR içindeki tekrar sayısındaki değişiklik, farklı uzunluklarda DNA'ya yol açar. DNA üzerinde hedeflenen STR bölgeleri polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) yoluyla çoğaltıldıktan sonra farklı elektroforez sistemleri yardımıyla ayrıştırılıp biyoinformatik yazılımlar aracılığıyla analizlenir ve yorumlanır. Bu konuda en yaygın olarak kullanılan tekniklerden birisi PCR bazlı bir DNA parmak izi olan güçlendirilmiş parça uzunluğu polimorfizmidir (AFLP) (Vos vd., 1995). AFLP tekniği önceden herhangi bir dizi bilgisi gerektirmez, sağlam ve tekrarlanabilir olarak kabul edilir. Tek bir reaksiyonda 100'den fazla markörün analiz edilebilmesi mümkündür. Diğer yaygın kullanıma sahip sistem ise, tek dizi tekrarları (SSR'ler) veya mikrosatellitlerdir. SSR'ler çoğunlukla DNA'nın kodlamayan bölgelerinde bulunur ve bunlar, DNA'nın kodlayan bölgelerine göre mutasyonları daha hızlı biriktirebilir (Struss vd., 2003). Geliştirilen primerlere sahip AFLP ve SSR markör sistemleri, ülkemizin de içinde bulunduğu pek çok bölgedeki bitki türünün genetik karakterizasyonu ve tanımlanması için genom analizlerinde başarıyla uygulanmıştır (Dirlewanger vd., 2002; Wünsch & Hormaza, 2002; Gulen vd., 2010; Ipek vd., 2011; Gülmez vd., 2022; İslam vd., 2023).

Proteinler ise diğer önemli moleküler markör olarak genotiplerin özellikle fizyolojik anlamda var olan ve geliştirilebilecek potansiyeldeki özelliklerinin doku-spesifik olarak hücresel düzeyde anlaşılmasında önemli rol oynar. Bir hücredeki proteinlerin tamamına proteom denir ve proteinlerin nasıl çalıştığı ve bir araya geldiğiyle ilgili çalışmaya proteomik denir. Proteomik, gen aktivitesinin son ürünlerine, yani benzersiz genetik aktivitelerden oluşan protein modellerine dayanır. İki boyutlu akrilamid jel elektroforezi (2DE) aracılığıyla, karmaşık protein yapıları, her proteinin spesifik yük ve moleküler ağırlık kombinasyonuna göre sıralanır. Sonrasında protein bantları dijital sistemlerde görüntülenip analizlenir (Gülen vd., 2002; Cansev vd., 2009; Kesici vd., 2020). Bunlara ek olarak günümüzde gelişen transkriptom çalışmaları olarak da bilinen genom dizileme teknikleriyle (RNASeq) bir organizmanın tüm genetik karakterizasyonu yapılabilmektedir (Guerra vd., 2015).

Genetik barkodlama: “DNA barkodu” olarak adlandırılan kısa ve standardize edilmiş DNA dizileri (bir ya da birkaç standart gen bölgesi) aracılığıyla türlere kimlik kazandırılması olarak tanımlanabilmektedir. Kullanımı başlıca; taksonomi, ekoloji, koruma biyolojisi, adli bilimler, tarım, ormancılık ve süs bitkileri, gıda alanlarında yoğunlaşmıştır. Günümüzde organizma düzeyinde kimliklendirme için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yöntemin fragmanlarla çalışıyor olması, organizmanın yaşamının tüm evrelerinde çalışılabilmesini olanaklı kılmıştır (Guo vd. 2022). Çalışmalarda fragman olarak prokaryotlarda 16S rRNA Floyd vd. (2002); hayvanlarda sitokrom c oksidaz I (COI) mitokondriyal gen bölgesi Hebert vd. (2003); bitkilerde matK (maturaz K) ve rbcL (ribuloz-1, 5-bisfosfat karboksilaz oksijenaz büyük alt ünite) kloroplast gen bölgeleri (Parveen vd., 2012); mantarlarda 28S nuclear ribosomal large subunit rRNA gene bölgesi (Horn vd., 2020) kullanılabilmektedir.

Genetik barkodlamanın uygulama alanları (i) insan hastalık vektörlerinin kimliklendirilmesi, (ii) bitki patojenlerinin kimliklendirilmesi, (iii) tehlike altındaki türlerin kimliklendirilmesi, (iv) istilacı türlerin kimliklendirilmesi şeklinde özetlenebilir (Guo vd., 2022).

2.5. Biyoçeşitliliğin Kullanımında Biyoteknoloji

Günümüzde kültürü yapılan türlerin çoğu, yabani atalarından gelen doğal özelliklerini kaybetmiştir. Bu üstün özellikler arasında zorlu çevre koşullarına dayanıklılık, çeşitli toprak ve iklim koşullarına uyum, zararlılara ve patojenlere karşı dayanıklılık yer alıyor. Bu önemli özelliklerden kültür çeşitlerinde yararlanmak için bu özellikleri düzenleyen (kontrol eden) genlerin belirlenmesine yönelik çok sayıda bilimsel araştırmalar yürütülmektedir. Bitkilerin bu gelişmiş genetik değişikliklerini oluşturmak için geleneksel yöntemlerle birlikte modern biyoteknolojik teknikler uygulanabilmektedir.

Bitki ıslahında benimsenen en yaygın geleneksel yöntem üstün özellikteki bireylerin tespit edilerek seçilmesinden oluşan seleksiyon ıslahıdır. Benzer yaklaşımla farklı bireylerdeki özelliklerin bir araya toplanması esastan hareketle melezleme veya hibrit adı verilen

daha gelişmiş bir genotip elde etmek için arzu edilen özelliklerdeki ebeveynlerin (aynı türün saf ırkları) melezlenmesi yöntemi geliştirilmiştir. Bu uygulamalarda ebeveyn olarak yabancı türlerden veya saf ırkların üstün niteliklerinden yararlanılır. Klasik melezleme yönteminde genomdaki karakterler baskın veya çekinik olma özelliklerine göre yavru bireylerde tesadüfi dağılım göstermekte bu nedenle de istenilen karakterlerin sahip olduğu yeni tiplerin elde edilmesi uzun süreli bir dizi melezleme çalışmalarını gerektirmektedir. Bu nedenle moleküler markör destekli seçim (MAS) daha etkili ve kısa sürede sonuç alınmasını sağlamaktadır. Bu yöntemle belli karakterleri kontrol eden genlerin kromozomlar üzerindeki yerlerinin belirlenmesi amacıyla melez bireylerde bağlantı (QTL - Kantitatif karakter lokusu) ve ilişkilendirme (Association) haritalama çalışmaları yapılabilmektedir (İpek vd., 2016). Örneğin don stresi ile birlikte ifadesi değişen genlerin belirlenmesi amacıyla, diğer yaklaşımlara göre daha üstün özelliklere sahip, don stresine toleransı sağlayan patentlenebilir genlerin tespit edilmesi için RNA dizileme teknolojisi kullanılarak transkriptom profillemeye çalışması gerçekleştirilmiştir (Guerra vd., 2015).

Öte yandan abiyotik ve biyotik stres faktörlerine dayanıklılık özelliklerinin çoklu/bağılantılı genler tarafından düzenleniyor olması sebebiyle geleneksel ıslah çalışmalarıyla etkili sonuca ulaşmak neredeyse imkânsız olmaktadır. Bu nedenle belirlenen hedef genin biyoteknolojik yöntemlerle aktarılmasıyla genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) veya transgenik olarak adlandırılan yeni bireylerin elde edilmesi yoluyla etkili sonuca ulaşılabilir. 1984 yılında ilk transgenik tütün bitkisi elde edildikten sonra bu alandaki gelişmeler hız kazanmıştır (Horsch vd., 1985). Gen transferinin yapılabilmesi için öncelikle genin tanımlanması gerekmektedir. Sonrasında kimyasal, fiziksel ve biyolojik yöntemlerle genin bitki hücrelerine girişi sağlanmaktadır. Bu amaçla çeşitli kimyasallar, kullanıldığı gibi fiziksel olarak elektroporasyon, mikroenjeksiyon, partikül bombardıman yöntemi; biyolojik olarak virüs veya bakteri gibi mikroorganizmalar kullanılmaktadır (Lemaux, 2008). Bitkilerde *Agrobacterium tumefaciens* aracılığıyla gen aktarımı en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu yöntemle çok farklı üstün özelliklere sahip yeni bitki çeşitleri geliştirilmesi mümkün olmuştur (Hwang vd., 2017; Nonaka vd., 2017; Aliu vd., 2022). Ticari olarak kullanılan transgenik bitkilerin herbisitlere dayanıklı, zararlı böceklerle dayanıklı ve hastalıklara dayanıklı çeşitler olmak üzere üç başlık altında yoğunlaştığı görülmektedir.

3. BİYOÇEŞİTLİLİK EKSENİNDE BİYOTEKNOLOJİ UYGULAMALARININ POTANSİYEL RİSKLERİ

Biyoteknolojideki gelişmeler özellikle de GDO'lar pek çok soruyu ve riski de beraberinde getirmiştir. Potansiyel endişe oluşturan riskler aşağıda 4 maddede toplanmıştır.

- 1) *Doğada dayanıklı türlerin ortaya çıkması ve türler arası gen alışverişi*: En önemli endişeler biyoteknolojik çalışmalar sonucu geliştirilen GDO'lar sonucu doğada dayanıklı genotiplerin ortaya çıkabilme ve doğadaki türler arasında gen alışverişi olasılığı hakkındadır. Bu durumun gerçekleşme potansiyeli uygulamadan önce

değerlendirilir ve ürün ekildikten sonra da takibi yapılır. Ayrıca uygulamada arazi çevresine geleneksel çeşitlerin de bulundurulması suretiyle diğer organizmalarla olan doğal dengenin korunması sağlanmaktadır. Dolayısıyla biyogüvenlik düzenlemelerin gerektirdiği gibi, GDO'lu ürünlerin hem piyasaya sürülmeden önce hem de ticarileştikten sonra ürün bazında uzun süreli değerlendirmelerinin yapılması önemlidir.

- 2) *Tek tip üretim ve gıda güvenliği*: Biyoteknolojik uygulamalarla ilgili diğer bir endişe ise, belli bir amaca yönelik tek tip üretim yapılması olasılığı, uzun vadede gıda güvenliği açısından bir tehdit oluşturma potansiyeli hakkındadır. Dünyada 2050 yılında fosillerden oluşturulan enerji kaynaklarının önemli ölçüde tükeneceği düşünülmektedir. Bu durum, yenilenebilir biyolojik kaynakların kullanım ve idaresini gözden geçirme ihtiyacını doğurmuştur. Özellikle Avrupa ekonomisi büyük ölçüde fosil kaynaklara bağımlıdır ve bunun tükenmesi, petrol sonrası yeni bir döneme geçiş yapılacağını göstermektedir. Smolker (2008)'e göre insanoglu fosil yakıt enerjisini bitki biyokütle enerjisi (biyoenerji) ile ikame edemezse (ki buna mahkûm) mevcut durumun devamı için enerji tüketiminde kısıtlama kaçınılmaz olacaktır. Dolayısıyla çok iyi planlanmış biyoekonomi stratejilerine ihtiyaç vardır. Biyoekonominin lokomotifinin tarım sektörü olacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla tarım odaklı sürdürülebilir kalkınma için dünya genelinde azalan enerji kaynaklarına karşın her geçen gün yeni keşiflerle gelişen biyoenerji, önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Bu anlamda sınırlı miktarda olup gittikçe azalan nitelikli tarım alanlarında, gıda ve yem üretiminin yanısıra biyoenerji üretilebilecek türden bitki yetiştiriciliğinin de yapılacak olması gıda ihtiyacı ile enerji ihtiyacını karşı karşıya getirme riski taşımaktadır.
- 3) *Biy çeşitlilik kaybı*: Biyoteknolojideki gelişmeler, üreticiler ve gelişmekte olan ülkeler açısından genetik kaynakların kaybına ilişkin korkuları artırmıştır. Bu durum, tarımsal biyoçeşitliliğin korunmasıyla ilişkili bazı politikaların ve yasal düzenlemelerin yapılmasını gerektiriyordu. Bu ihtiyaca cevap vermek için oluşturulan politikalardan biri, 29 Ekim 2010 tarihinde Japonya'nın Nagoya kentinde düzenlenen Taraflar Konferansı'nın 10. toplantısında kabul edilen Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'dir. Nagoya Protokolü olarak adlandırılan bu protokol aracılığıyla, biyoteknoloji endüstrisinin genetik kaynaklara erişimi yönetmesi ve faydaların adil ve eşit paylaşımını sağlaması için yasal bir çerçeve oluşturulmuştur (UN, 2011).
- 4) *Genetik kaynaklara erişim*: Biyoteknolojide yaşanan hızlı gelişme bu alanda geri kalmış ülkelerde dışa bağımlılığı arttıracak olup endişe ile karşılanmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar sonucu "canlı organizmaların ve parçalarının patentlenebilir olarak görülmesi" genetik kaynaklara erişimi sınırlandıracak

veya maliyetli hale getirecektir. Örneğin, ıslah çalışmalarında belirli özellikleri iyileştirmek için kullanılan genler, patent hakkı ödenerek kullanılmaktadır. Bunun için yasal düzenlemeler, uluslararası anlaşmalar yapılmasının yanısıra ulusal yönetmelikler, kanun ve düzenlemeler önemli hale gelmektedir. Bu nedenle ulusal materyallere sahip çıkılması adına genetik tanımlamaların yapılması, koruma altına alınması, ulusal gen bankalarının oluşturulması oldukça önemlidir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyoteknoloji, içinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli teknolojilerinden birisi olarak adlandırılmaktadır. Özellikle tarım ve tıp alanlarında çiftçiler ve toplumun tüm bireyleri için oldukça geniş bir yelpazede değer bulmuş, her geçen gün de yeni bir uygulama alanı ve ürünle etkisini arttırmaya devam etmektedir. Biyoteknoloji uygulamaları değerlendirildiğinde biyoçeşitliliğin arttırılmasından mevcut canlıların tanımlanması, korumaya alınması ve uzun süreli muhafaza edilmesine varan etkisini görmekteyiz. Gen bankalarının oluşturulması sayesinde bu materyallerin ıslahçıların kullanımına sunulması neticesinde biyoçeşitlilikten sadece günümüzde değil gelecekte de yararlanabilme olanağı oluşmaktadır. Ayrıca mevcut bilgilerimize önemli katkılar yaparak bu alanda ilerleme fırsatları sunmaktadır. Bu bilgiler, artan nüfus, küresel iklim değişiklikleri, azalan doğal kaynaklar gibi çevresel kısıtlar/tehditler altında bizlere biyoçeşitlilik konusunda daha fazla etki yapabilme imkânı vermektedir. Bunun için de dünya genelindeki strateji ve politikalarla uyumlu bir şekilde ülkesel stratejilerin ve eylem planlarının oluşturularak bu alandaki teknolojik ilerlemelerin önünün açılması ve desteklenmesi kritik öneme sahiptir. Bu anlamda;

- Genetik kaynakların toplanması, incelenerek envanterinin çıkarılması,
- Gen kaynaklarının modern biyoteknoloji yöntemleri ile korunması, değerlendirilmesi, karakterize edilmesi,
- Canlılığının uzun süre muhafaza edilmesi ve etkin bir şekilde ıslahçıların kullanımına açılması,
- Biyoçeşitlilik hakkında özellikle 'biyoteknoloji stratejisi ve eylem planı', 'biyogüvenlik yasası', 'biyoekonomi stratejisi' gibi yasal düzenlemelerin ülkesel kaynaklar ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda oluşturulması, periyodik olarak gözden geçirilmesi

son derece önemlidir. Dolayısıyla Biyoçeşitlilik konusunda doğayla barışık, sürdürülebilir çözümler için hedefimiz bütünsel ve bütünlük bir yaklaşımla biyoteknolojinin sunduğu imkanları sadece kullanmak/uygulamak değil aynı zamanda bu teknolojiyi geliştirmek olmalıdır.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Aliu, E., Lee, K. & Wang, K. (2022). CRISPR RNA-guided integrase enables high-efficiency targeted genome engineering in *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Biotechnology Journal*, 20, 1916–1927.
- Amman, K. (2005). *Effects of Biotechnology on Biodiversity: Herbicide-Tolerant and Insect-Resistant GM Crops*. K. Amman (Ed.). *Trends in Biotechnology* DOI:10.1016/j.tibtech.2005.06.008.
- Arısoy, H. & Avcı, Y. (2020). Türkiye'nin biyoekonomi politikalarının tarımsal açıdan değerlendirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 2999-3009.
- BIOTECH GATE (2019). BIOTECH GATE Global Database. www.biotechgate.com adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 19.09.2023).
- Cansev, A., Gulen, H. & Eris, A. (2009). Cold-hardiness of olive (*Olea europaea* L.) cultivars in cold-acclimated and non-acclimated stages: Seasonal alteration of antioxidative enzymes and dehydrin-like proteins. *Journal of Agricultural Science*, 147: 51-61.
- Cooper, L.M., Lipper, L.M. & Zilberman, D. (2005). Agricultural Biodiversity and Biotechnology in Economic Development. *Natural Resource Management and Policy*, DOI:10.1007/b107322.
- de Vicente, M.C. & Andersson, M.S. (2006). DNA banks—providing novel options for genebanks? Topical Reviews in Agricultural Biodiversity. *International Plant Genetic Resources Institute*, ISBN-10: 92-9043-702-2.
- Dirlewanger, E., Cosson, P., Tavaud, M., Aranzana, J., Poizat, C., Zanetto, A., Arús, P. & Laigret, F. (2002). Development of microsatellite markers in peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] and their use in genetic diversity analysis in peach and sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 105(1): 127-138.
- Dyson, F. (2007). Our biotech future. The New York Review. <https://www.nybooks.com/articles/2007/07/19/our-biotech-future/> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.11.2023).
- FAO (1999). Glossary of Biotechnology and Genetic Engineering. *FAO Research and Technology Paper*.
- FAO (2019). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*, J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. 572 pp. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.11.2023).
- Floyd, R., Abebe, E., Papert, A. & Blaxter, M. (2002). Molecular barcodes for soil nematode identification. *Molecular Ecology*, 11, 839-850.
- Ganal, M.W., Polley, A., Graner, E.M., Plieske, J., Wieseke, R., Luerksen, H. & Durstewitz, G. (2012). Large SNP Arrays for Genotyping in Crop Plants. *Journal of Bioscience*, 37(5), 821-8.
- German Bioeconomy Council. (2018). Bioeconomy Policy (Part III): Update Report of National Strategies Around the World. https://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/GBS_2018_Bioeconomy-Strategies-around-the-World_Part-III.pdf [10.12.20] adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 18.09.2023).

- Guerra, D., Lamontanara, A., Bagnaresi, P., Orrù, L., Rizza, F., Zelasco, S., Beghè, D., Ganino, T., Pagani, D., Cattivelli, L. & Mazzucotelli, E. (2015). "Transcriptome changes associated with cold acclimation in leaves of olive tree (*Olea europaea* L.)". *Tree Genetics & Genomes*, 11:113.
- Gulen, H., Arora, R., Kuden, A., Krebs, S.L. & Postman, J. (2002). Peroxidase isozyme profiles in compatible and incompatible pear/quince graft combinations. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 127(2), 152-157.
- Gulen, H., Ipek, A., Ergin, S., Akcay, M.E. & Eris, A. (2010). Assessment of genetic relationship among 29 introduced and 49 local sweet cherry accessions in Turkey using AFLP and SSR markers. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 85(5), 427-431.
- Guo, M., Yuan, C., Tao, L., Cai, Y. & Zhang, W. (2022). Life barcoded by DNA barcodes. *Conservation Genetics Resources*, 14: 351-365.
- Gülmez, M., Budak, M., Korkmaz, E.M., Hastaoğlu Örgen, S. & Başbüyük, H.H. (2022). Characterization and taxonomic utility of ITS2 in *Dolerus* Panzer, 1801 (Hymenoptera: Tenthredinidae). *Turkish Journal of Entomology*, 46(1), 13-23.
- Hebert, P.D., Ratnasingham, S. & deWaard, J.R. (2003). Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceeding of Biological Science*, 270, 96-99.
- Hodkinson, T.R., Waldren, S., Parnell, J., Kelleher, C., Salamin, K. & Salamin, N. (2007). DNA banking for plant breeding, biotechnology and biodiversity evaluation. *Journal of Plant Research*, 120, 17-29.
- Horn, I.R., Verleg, P.A., Ibrahim, N.Z., Soeleman, K., van Kampen, F., Ruesen, M.O., Reulen, N.M., Breij, H., Bakker, R.J. & Gravendeel, B. (2020). Mushroom DNA barcoding project: Sequencing a segment of the 28S rRNA gene. *Biochemical and Molecular Biology Education*, 48(4), 404-410.
- Horsch, R.B., Fry, J.E., Hoffmann, N.L., Eichholtz, D., Rodgers, S.G. & Fraley, R.T. (1985). A simple and general method for transferring genes into plants. *Science*, 227, 1229-1231.
- Hwang, H., Yu, M. & Lai, E. (2017). "Agrobacterium-Mediated Plant Transformation: Biology and Applications," The Arabidopsis Book. Published By: The American Society of Plant Biologists. URL: <https://doi.org/10.1199/tab.0186>
- Ipek, A., Gulen, H., Akcay, M.E., Ipek, M., Ergin, S. & Eris, A. (2011). Determination of self-incompatibility groups of sweet cherry genotypes from Turkey. *Genetic and Molecular Research*, 10(1), 253-260.
- Ipek, A., Yilmaz, K., Sıkıcı, P., Aktepe Tangu, N., Öz, A. T., Bayraktar, M., İpek, M. & Gülen, H. (2016). SNP discovery by GBS in olive and the construction of a high-density genetic linkage map. *Biochemical Genetics*, 54, 313-325.
- İslam, A., Orta, H., Aka Kaçar, Y. & Dönmez, D. (2023). Genetic diversity of cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roemer) by SSR markers. *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi)*, 29(1): 239-248. DOI: 10.15832/ankutbd.930258

- Kesici, M., Ipek, A., Ersoy, F., Ergin, S. & Gulen H. (2020). Genotype-dependent gene expression in strawberry (*Fragaria x ananassa*) plants under high temperature stress. *Biochemical Genetics*, 58(6), 848-866
- Lemaux, P.G. (2008). Genetically Engineered Plants and Foods: A Scientist's Analysis of the Issues (Part I). *Annual Review of Plant Biology*, 59:771-812.
- Nonaka, S., Someya, T., Zhou, S., Takayama, M., Nakamura, K. & Ezura, H. (2017). An *Agrobacterium tumefaciens* strain with gamma-aminobutyric acid transaminase activity shows an enhanced genetic transformation ability in plants. *Scientific Report*, 7, 42649.
- OECD (2009). The bioeconomy to 2030. Designing a policy agenda. Organization for Economic Co-operation and Development, http://biotech2030.ru/wpcontent/uploads/docs/int/The%20Bioeconomy%20to%202030_OECD.pdf adresinden alınmıştır.
- OECD (2021). Key Biotechnology Indicators, <http://oe.cd/kbi>; and OECD, Main Science and Technology Indicators Database, www.oecd.org/sti/msti.htm adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.11.2023).
- Parveen, I., Singh, H.K., Raghuvanshi, S., Pradhan, U.C. & Babbar, S.B. (2012). DNA barcoding of endangered Indian Paphiopedilum species. *Molecular Ecology Resource*, 12, 82-90.
- Paunescu, A. (2009). Biotechnology for Endangered Plant Conservation: A Critical Overview. *Romanian Biotechnological Letters*, 14, 4095-4103.
- Reed, B., Sarasan, V., Kane, M., Eric Bunn, E., & Pence, V. (2011). Biodiversity Conservation and Conservation Biotechnology Tools. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 47, 1-4.
- Roca, W., Espinoza, C. & Panta, A. (2004). Biotechnology: Tools for Agricultural Applications of Biotechnology and the Potential for Biodiversity Valorization in Latin America and the Caribbean. *AgBioForum*, 7(1&2), 13-22.
- SAVV (2016). A Global Biotechnology Perspective Report. Across the Universe. The 8th. Annual WorldView Scorecard: Biotech's Deepest Dive to Date. https://static.scientificamerican.com/wv/assets/2016_SciAmWorldView.pdf adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.11.2023).
- SBB (2019). Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023). https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/On_Birinci_Kalkinma_Planı-2019-2023.pdf adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 18.09.2023).
- Singh, R.B. (2000). Biotechnology, Biodiversity, and Sustainable Agriculture: A Contradiction. http://www.bic.searca.org/seminar_proceedings/bangkok-2000/H-plenary_papers/singh.pdf adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.11.2023).
- Smolker, R. (2008). The New Bioeconomy and the Future of Agriculture. Dialogue: Development, 51, 519- 526, https://secure.palgrave-journals.com/development/.../dev_200867a.htm adresinden alınmıştır.

- TAGEM (2013). Biyoekonomi Çalıştay Raporu. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, https://kutuphane.tarimorman.gov.tr/pdf_goster?file=69b23fb501bc08c2802f7d87869202a7#book/ adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 18.09.2023).
- Thieman, W.J. & Palladino, A. (2013). *Introduction to Biotechnology*. 3rd. Edition. Pearson ISBN-13: 9780137533220, 400pp.
- UN (2011). Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from their Utilization to the Convention on Biological Diversity. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, United Nations Environmental Programme ISBN: 92-9225-306-9. <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-en.pdf> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 25.11.2023).
- Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M., Reijans, M., van de Lee, T., Hornes, M., Frijters, A., Pot, J., Peleman, J. & Kuiper, M. (1995). AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research*, 23(21), 4407-14.
- Wünsch, A. & Hormaza, J.I. (2002). Cultivar identification and genetic fingerprinting of fruit tree species using DNA markers. *Euphytica*, 125(1), 59-67.

Yazar Hakkında / About Author

Prof. Dr. Hatice GÜLEN | İstinye Üniversitesi |

hatice.gulen[at]istinye.edu.tr | ORCID: 0000-0001-7586-3108

1967 yılında Adana'da doğan Hatice Gülen, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünde Lisans (1988), Yüksek Lisans (1992), doktora (2000) eğitimini tamamladı. 1998-1999 yıllarında TÜBİTAK burslusu olarak West Virginia Üniversitesinde (ABD) doktora çalışmalarını bitki moleküler fizyolojisi konusunda yürüttü. Yunanistan'da; İsrail'de ve Amerika'da bitki genetiği ve biyoteknolojisi konularında çalışmalar yaptı. 2000 yılında çalışmaya başladığı Uludağ Üniversitesinde 2005 yılında Doçent, 2011 yılında Profesör unvanlarını aldı. 2013-2016 yıllarında Moleküler Biyoloji ve Genetik Lisansüstü ve Lisans Programlarının kurulmasında görev aldı. 2011-2015 yıllarında Ziraat Fakültesi Dekan Yardımcılığı, kalite ve akreditasyon süreçlerinin koordinasyonunda; Rektörlükte kalite çalışmalarında görev yaptı. 2016 yılından sonra akademik çalışmalarına İstanbul Bilgi Üniversitesinde devam etti. Genetik ve Biyomühendislik Bölümünde Bölüm Başkanlığı'nı ve Fakültede akreditasyon çalışmalarını yürüttü. 2021 yılında İstinye Üniversitesi'nde Rektör Yardımcısı olarak göreve başladı. Son yıllarda yeşil biyoteknolojiyle ilgili disiplinlerarası projeler yürütmektedir. MÜDEK Program Akreditasyonu ve YÖKAK değerlendircisidir. Danışmanlığında yürütülen yüksek lisans ve doktora tezleri, makaleleri, 3 ulusal, 1 uluslararası patenti vardır.

Prof. Dr. Hatice GÜLEN | Istinye University |

hatice.gulen[at]istinye.edu.tr | ORCID: 0000-0001-7586-3108

Hatice Gülen, born in Adana in 1967, graduated from Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture in 1988. She had MSc degree in 1992, Ph.D. degree in 2000 after she carried out her thesis on plant molecular physiology at West Virginia University (USA) as a TUBITAK scholar between 1998-1999. She studied plant genetics and biotechnology in Greece, Israel and USA. She started working at the Uludağ University in 2000 and became an Associate Professor in 2005 and Professor in 2011. She took an active role in the establishment of the Molecular Biology and Genetics graduate and undergraduate programs between 2013-2016. She served as the Vice Dean of the Faculty of Agriculture, coordinated accreditation process and took place in quality studies at the Rectorate. She continued her academic studies at Istanbul Bilgi University after 2016 as head of the department of Genetics and Bioengineering. She has been involved in many interdisciplinary projects related to green biotechnology. She is a MÜDEK Accreditation evaluator and YÖKAK evaluator. She has supervised graduate thesis and published many papers. She holds 3 national and 1 international patents.



TARIMSAL ÜRETİM, BİYOÇEŞİTLİLİK ve GIDA GÜVENLİĞİ

AGRICULTURAL PRODUCTION, BIODIVERSITY AND FOOD SAFETY

Ali AYDIN

TARIMSAL ÜRETİM, BİYOÇEŞİTLİLİK ve GIDA GÜVENLİĞİ

Ali AYDIN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Özet

Tarımsal ve hayvansal üretim ile doğrudan ilgili olan gıda güvenliği, insanoğlunun eski çağlardan bu yana öncelikli gündemini oluşturmaktadır. Özellikle 20. yüzyılda gıda güvenliğinin temini, devletlerin yanında küresel alanda rol oynayan aktörler tarafından da çözülmesi gereken konu olarak ele alınmaktadır. Dünyada sürekli artan nüfusa paralel olarak, tarımsal ve hayvansal üretime olan talep de artış göstermektedir. Tarımsal üretimin temelini oluşturan bitki ve hayvan kaynaklarının çeşitliliği, insanların sağlıklı ve dengeli beslenmesi üzerine doğrudan etkilidir. Doğal kaynakların muhafaza edilerek biyoçeşitliliğin korunması ve desteklenmesine bağlı olarak gıda güvenliğinin ön planda tutulması, geleceği güvence altına alan sürdürülebilir tarımsal üretimin önemi ortaya koymaktadır. Tarımsal ve hayvansal üretim süreçlerinde tüketim alışkanlıklarının değişmesine bağlı olarak, aşırı enerji kullanımı ile doğal kaynakların yoğun biçimde tüketilmesi ve iklim değişikliği gibi faktörler, kuraklığın dünyanın beslenme ve geçim kaynaklarını oluşturan bölgelerinde geniş kapsamlı olumsuz etkiler yaratmaya devam edecektir. Sonuç olarak, gıda güvenliği açısından önemli biyoçeşitliliğin kaybedilmesi hâlinde, tarımsal ve hayvansal üretimin arttırılmasından yada çeşitlendirilmesinden söz edilmesinin mümkün olamayacağı temelinde; ekosistem, tür ve genetik kaynaklar düzeyinde biyoçeşitliliğin korunarak sürdürülebilirliğinin sağlanması sayesinde yeterli dengeli beslenmeye yönelik faaliyetlere ilişkin plan ile stratejilerin oluşturulmasına dair FAO ve BM gibi global kurumların çalışmalar yaparak kararlar almalarının, küresel gıda güvenliği ve güvencesinin devamlılığı üzerine önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler

Tarımsal üretim, Biyoçeşitlilik, Gıda güvenliği

AGRICULTURAL PRODUCTION, BIODIVERSITY AND FOOD SAFETY

Ali AYDIN

Istanbul University-Cerrahpaşa

Abstract

Food safety, which is directly related to agricultural and animal production, has been a priority on mankind's agenda since ancient times. Especially in the 20th century, the provision of food safety is considered an issue to be solved by the actors playing a role in the global arena as well as the states. The demand for agricultural and livestock production is growing in parallel with the world's ever-increasing. The diversity of plant and animal resources, which form the basis of agricultural production, directly impacts people's healthy and balanced nutrition. Food safety, which depends on the protection and promotion of biodiversity through the conservation of natural resources, highlights the importance of sustainable agricultural production for the future. Depending on changing consumption patterns in agricultural and livestock production processes, factors such as excessive energy use and intensive natural resource consumption, and climate change, drought will continue to have far-reaching negative impacts on the world's food and livelihood regions. Finally, on the basis that it will not be possible to talk about increasing or diversifying agricultural and livestock production in the event of the loss of biodiversity important for food safety, it is estimated that global institutions such as FAO and the UN will make significant contributions to the continuity of global food safety and security by conducting studies and taking decisions on the establishment of plans and strategies for adequate and balanced food activities, ensuring the sustainability of biodiversity by protecting biodiversity at the level of ecosystems, species, and genetic resources.

Keywords

Agricultural production, Biodiversity, Food safety

1. GİRİŞ

Tarımsal üretim; insanlık tarafından gerçekleştirilen en önemli buluşlardan biri olarak kabul edilmekte olup, insan toplumlarının yerleşik hayata geçmesine ve “Tarım toplumu” kavramının ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır. Nitekim çevre, halk sağlığı ve ekonomi ile ilişkili olan tarımsal üretim, birçok ülke ile küresel kuruluşların esas faaliyet alanlarını oluşturmaktadır.

Dünyada insan popülasyonunun hızla yükselmesine paralel olarak artış gösteren beslenme ihtiyacını karşılamak amacıyla, tarım alanında mevcut verimi geliştirecek çok sayıda faaliyet alanı oluşmaktadır. Nitekim günümüzde, sürdürülebilir tarım ve gıda konsepti kapsamında, besleyici nitelikleri açısından elzem olan gıda maddelerinin insanlar için ulaşılabilir olmasının, gelecekte olası ihtiyaçları karşılama bakımından ekosistem fonksiyonlarının devamlılığını sağlayacak biçimde dizayn edilmesinin global olarak büyük önem taşıdığı ifade edilmektedir. Bu bağlamda özellikle 20. yüzyılın ilk çeyreğindeki üretim aşamalarında limitüstü enerji kullanımı ve hızlı artan popülasyon ile ortaya çıkan kişisel alışkanlıklarının değişmesine bağlı olarak dünyadaki mevcut doğal kaynakların aşırı tüketimi çeşitli sorunlara neden olmuştur. Söz konusu olumsuz duruma karşın, natural rezervleri koruyan, çevre dostu, biyoçeşitliliği destekleyip muhafaza eden, aynı zamanda da gıda güvenliğinin ön planda tutulduğu, geleceği kapsayan çevre ile uyumlu nitelikli tarım konseptinin önemi değer kazanmıştır.

Günümüzde dünya çapında, tarımsal gayri safi milli hasılanın %40’ını hayvansal üretim oluşturmaktadır. Yakın gelecekte hayvansal ürünlere olan talebin %100 artması öngörülmekle birlikte; iklim değişikliğinin hayvansal üretim çerçevesinde özellikle de küresel beslenme ve geçim kaynaklarını oluşturan alanlar üzerinde geniş kapsamlı olumsuz sonuçlarının olacağı değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, çeşitli faaliyetler sonucunda ortaya çıkan sera gazlarının yaklaşık %14’ünden hayvansal üretimin sorumlu tutulmasının yanında endüstrileşmeyi gerçekleştiren insanlığın, hava, toprak ve su kirliliğine de yol açtığı ifade edilmektedir. Söz konusu çevresel faktörler ile bağlantılı endişelerin yanında, hayvancılık sektörünün sürdürülebilirliğini destekleyici değerlendirmeler halihazırda önem taşıyan bir konudur.

Günümüzde gıda güvenliği, yaşanan birçok sorunun bir araya gelmesi nedeniyle çeşitli tehditler ile karşı karşıya kalmaktadır. Global anlamda farklı iş birlikleri geliştirmek suretiyle alınacak tedbirler sayesinde gıda güvenliğinin sağlanması söz konusu olmaktadır.

Gıda, canlı organizmaların hayatta kalması, büyümesi ve üremesi için hayati önem taşımaktadır. Ancak, dünya popülasyonunun hızlı yükselişinin yanında, mevcut mali zorluklara bağlı ve eğitim eksikliği ile artan çevre kirliliği güvenli gıdaya erişimi her geçen gün zorlaştırmaktadır. Bu durum önemli bir insan hakkı olan güvenli gıdaya erişim hakkını kısıtlayıcı bir unsur olarak görülmektedir.

Biyoçeşitlilik ve gıda güvenliği birçok yönden birbiriyle bağlantı halindedir. Biyoçeşitlilik genlerden türlere, peyzajlara ve biyomlara kadar uzanan büyük bir ölçekte insanlık için önemli bir kaynak oluşturarak ekosistemler tarafından sağlanan geniş bir hizmet yelpazesinin anahtarı olarak görülmektedir. Bunun yanında biyoçeşitlilik, besin döngüsü ve suyun düzenlenmesine (sel ve su taşkınları kontrolü) yardımcı olmak suretiyle iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaktadır.

Günümüzde insanlık için küresel ölçekte önem taşıyan tarımsal ve hayvansal kaynaklı gıda üretimi ve buna bağlı gıda güvenliği ile ilgili olarak biyoçeşitliliğin ekosistem ve genetik varlıklar düzeyinde korunarak sürdürülebilirliğinin sağlanması, biyoçeşitliliğin devamına yönelik kapsamlı planlar oluşturulup uygulanması ve bu durumun sürdürülebilir kullanımına ilişkin uluslararası otorite kuruluşlarda kararlar alınarak zaman kaybetmeden harekete geçilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma günümüzde önemi giderek artan tarımsal üretime biyoçeşitliliğin katkısı ve global anlamda gıda güvenliğinin temini ve sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla hazırlanmıştır.

1.1. Tarımsal Üretim

Tarımsal üretim, hem besleyici nitelikler açısından insan için elzem olan gıdaya erişimin tüm bireyler için söz konusu olması, hem de doğal kaynakların, günümüzde ve gelecek dönemde mevcut ihtiyaçları giderme bakımından ekosistem faaliyetlerinin devamlılığını sağlayacak biçimde idare edileceği dünya açısından büyük önem taşımaktadır. Diğer taraftan tarımsal üretim; insanlığın en önemli ve değerli buluşlarından biri olarak kabul edilmektedir. Söz konusu buluşa olanak sağlayan temel dürtü; beslenme ihtiyacı ve besin güvenliği olup, buna neden olan ana unsur ise doğanın kendisi olarak görülmektedir. İnsanların, doğadaki olayları gözleyip değerlendirmesi suretiyle avcı ve toplayıcı durumundan “tarımsal üretime” dönüşmek suretiyle “Tarım toplumu” oluşmuştur.

Dünyada insan nüfusunun hızla yükselmesine paralel olarak, beslenme gereksinimlerini karşılamak amacıyla özellikle tarımsal üretim ve verimi arttırmaya yönelik faaliyetler de artmıştır. **Özellikle 19. yüzyılın sonlarında** üretim aşamalarında limitüstü enerji kullanımı ve hızlı artan popülasyon neticesinde ortaya çıkan tüketici isteklerinin değişimine bağlı olarak yükselen arzı karşılamaya yönelik uygulanan konvansiyonel tarım kapsamında; hibrit yöntemler, tarımsal ilaçlar, kimyasal gübre kullanımı gibi çeşitli yöntemler geliştirilerek kullanılmaya başlanmıştır (Kayışoğlu & Türksoy, 2023). Ancak bu noktada, fazla miktarda kimyasal girdi kullanımı ve gübre kirliliği gibi faktörler çevreye zarar vermek suretiyle gıda güvenliğinin sağlanmasında sorunlara yol açarak insan sağlığını tehlikeye atmaktadır (Koca & Somuncu, 2021).

Türkiye genel bakımından engebeli arazi yapısına hakim bir coğrafyada yer almaktadır. Türkiye’de mevcut arazilerin %55,9’unun rakım 1.000 metre ve üstünde yer alırken toprakların %62,5’inin %15’in üzerinde eğime sahip olduğu bilinmektedir. Türkiye’nin toprak yapısı ile ilişkili farklı iklim özellikleri değişik coğrafi alanların oluşumunu mümkün kılmaktadır (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2013). Söz konusu coğrafi ve ekolojik yapı özellikle hayvansal üretim açısından elverişli bir durumdur (Vural & Fidan, 2007).

Türkiye’nin tarım sektörü dahilinde mevcut tüm bitkisel ürünler; tarla ve bahçe bitkileri olmak üzere 2 grup altında sınıflandırılmaktadır. Hububatlardan yem amaçlı kullanılan bitkiler “Tarla bitkileri” şeklinde; meyve, sebze ile çay ve baharat ise “Bahçe bitkileri” olarak gruplandırılmaktadır (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2013). Ülkemize ait bitkisel üretim ve değişim miktarları incelendiğinde hem tarla hem de bahçe bitkilerinde üretimin belirli ölçüde artış gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 1). Bu bağlamda en fazla artışın meyve üretiminde olduğu görülmektedir. İlave olarak, 2022 yılında 70,5 milyon ton olan tahıl ve bitkisel üretim 2023 yılında 77,7 milyon tona; sebze üretimi 31,6 milyon tondan 31,8 milyon tona ve meyve, çay ile baharat bitkileri üretimi 26,8 milyon tondan 27,4 milyon tona ulaşmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023a).

Tablo 1. Ülkemizde Bitkisel Üretim Miktarı (ton) ve Değişim (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023a)

Ürün Grubu	Yıllar			Değişim (2020-2021) (%)	Değişim (2002-2021) (%)
	2002	2020	2021		
Tarla Bitkileri	58.124.519	71.362.848	61.720.345	-13,5	6,2
Meyveler	13.273.350	21.853.084	23.120.287	5,8	74,2
Sebzeler	25.823.567	31.177.124	31.753.466	1,8	23,0
Çay ve Baharat Bitkileri	884.700	1.732.684	1.782.310	2,9	101,5
TOPLAM	98.106.136	126.125.740	118.376.408	-6,1	20,7

Türkiye’de son yıllarda gerçekleştirilmiş olan güncel çalışmalara dayalı değerlendirmeler doğrultusunda, farklılaşan hava sıcaklıkları ile yağış durumuna uyum çabalarının tarımsal verim ve üretime büyük ölçüde yarar sağlayacağı değerlendirilmektedir. Birçok araştırmada tohumların ekim zamanının değişimi ile tohum gelişim dönemlerinin kontrolü; artış gösteren sıcaklık ve kuraklık durumları ile yükselen karbondioksit miktarlarına olan olan

toleransları daha yüksek düzeyli kültürlerin geliştirilmesini kapsayacak olan kararların çiftlik düzeyindeki adaptasyonu ve uygulamaları irdelenmektedir (Türkeş, 2020). Bu doğrultuda, adaptasyona uyumda sınırlılık hali, daha sistematik ve dönüşümsel değişime olan ihtiyaçları yükseltmek suretiyle, mevsimler daha fazla farklılaştığında yaratıcı ve dinamik adaptasyonları gerekli kılmaktadır. Özellikle soğuk iklim ürün kuşaklarının zamanla kutba doğru daha fazla enlemsel genişlemesi bu duruma örnek olarak gösterilmektedir. Söz konusu yayılım önemli bir tarım coğrafyası değişikliği olarak tanımlanmakta olup, çölleşme ve yüksek hava sıcaklıklarının neticesi olarak, orta enlem bölgelerindeki ürün üretiminde meydana gelmesi öngörülen rekor azalışları sayesinde söz konusu yayılmanın bastırılabilirliği ifade edilmektedir (Türkeş, 2020).

Türkiye'nin toplam nüfusunun artış göstermesine karşın, tarım ile geçimini sağlayan nüfus azalarak %23,2 seviyesine düşmüştür. Buna bağlı olarak köylerden şehirlere olan yoğun göçün mevcudiyeti ile başta tarım ve hayvansal üretim olmak üzere gıda maddelerinin temininde kendi kendine yeten ülke pozisyonunun giderek yitirilmesi biyoçeşitliliğe yeterince odaklanılmaması ile ilişkilendirilmektedir (Türkiye Bilimler Akademisi, 2006). Aynı şekilde genel iş alanlarında istihdam artmış olmasına rağmen tarım sektöründe istihdam azalması dikkat edilmesi gereken bir konu olarak nitelendirilmektedir.

1.2. Dünyada ve Türkiye’de Hayvansal Üretim

Hayvancılık sektörü, küresel tarımla ilgili gayri safi milli hasılanın %40'ını oluşturmak suretiyle yaklaşık 1,5 milyar insanın geçim kaynağını oluşturan önemli bir sektördür. Dünyada bölgelere göre hayvancılık üretimi dağılımında Doğu ve Güneydoğu Asya yaklaşık 14 milyon ton protein ile, özellikle monogastrik tür tabanlı en yüksek üretim bölgesi olarak bilinmektedir. Batı Avrupa, Kuzey Amerika ve Latin Amerika ve Karayipler bölgeleri de 9 ile 9,5 milyon ton protein arasında benzer üretim seviyelerine sahip alanlar olarak gösterilmektedir (Food Agriculture and Organization, 2018).

Avrupa Birliği ülkeleri genelinde, tarımda hayvansal üretimin payı nispeten yüksek olup %50 düzeyindedir. Avrupa Birliği ülkelerinde ortalama 7,5 milyon tarım işletmesi bulunmaktadır. Hayvan bazlı tarımsal üretiminde İskandinav ülkeleri, Birleşik Krallık ile Orta Avrupa ülkeleri ön sıralarda yer almaktadır. Türkiye’de ise tarımsal üretimde hayvansal üretimin payının yaklaşık %35 düzeyinde olduğu bildirilmektedir (Turan vd., 2017). Ülkemizde halihazırda kırmızı et üretim kaynakları sığır, koyun, keçi ve manda olarak bilinmektedir.

Tablo 2. Türkiye’de Hayvan Sayıları ve Değişim Oranları (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023b).

Çeşit	2021	2022	Değişim (%)
Büyükbaş	18.036.117	17.023.791	-5,6
Sığır	17.850.543	16.851.956	-5,6
Manda	185.574	171.835	-7,4
Küçükbaş	57.519.204	56.265.750	-2,2
Koyun	45.177.690	44.687.888	-1,1
Keçi	12.341.514	11.577.862	-6,2

Ülkemizde hayvansal üretim istatistikleri incelendiğinde; Büyükbaş hayvan sınıfında, sığır sayısı 2022 yılında 2021 yılına göre %5,6 azalarak 16.851.956 baş, manda sayısı da 2022 yılında 2021 yılına göre %7,4 azalarak 171.835 baş olmuştur (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023b). Küçükbaş hayvan kategorisinde, koyun sayısı 2022 yılında 2021 yılına göre %1,1 oranında azalarak 44.687.888 baş, keçi sayısı da 2022 yılında 2021 yılına göre %6,2 oranında azalarak 11.577.862 baş olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Buna göre, Türkiye’de mevcut hayvan sayılarında son yıllarda azalma olduğu izlenebilmektedir.

Türkiye’de hayvansal üretimi içine alan hayvancılık sektörü, mevcut ekonomik ve sosyal fonksiyonları ile kırsal kalkınmanın gerçekleştirilmesinde ciddi bir paya ve potansiyele sahiptir. Hayvansal üretim faaliyetlerinin işletmelere bazı bitkisel ve buna bağlı yan ürünlerin değerlendirilmesi, işgücü verimliliğinin artırılması, doğal ve ekonomik durumlardan kaynaklı risk faktörlerinin azaltılması gibi birçok olumlu etkisi bulunmaktadır (Vural & Fidan, 2007). Diğer taraftan, ülkemizde kırmızı et ve kanatlı eti gibi sektörlerde yer alan üreticiler ile et sanayiini oluşturan işletmelerin, teknolojik alt yapı, tecrübe ve bilgi birikimi açısından uluslararası düzeyde önemli bir potansiyele sahip olduğu birçok uluslararası kurum tarafından kabul edilmektedir.

Nitekim günümüzde ve yakın gelecekte hayvansal gıdalara olan talebin %100 yükselmesi öngörülmekle birlikte; iklim farklılıkları, doğal kaynakların kullanımı, yem kalitesi ile miktarı, sıcaklık stresi, hayvan hastalıkları ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi faktörlerin dünya çapında hayvansal üretimi doğrudan etkileyeceği ifade edilmektedir. Bu noktada asıl zor olan işlev; gıda güvenliği, ekonomik verimlilik ve çevrenin korunması arasındaki dengenin muhafazasıdır (Koyuncu & Nagaye, 2020).

1.3. Biyoçeşitlilik ve Tarımsal Biyoçeşitlilik

Biyoçeşitlilik; gıda güvenliği, beslenme ve sağlığa doğrudan hizmet eden bir kavramdır. Gıda tedarik zincirlerinin ve gıda güvenliğinin sekteye uğradığı zamanlarda, mali açıdan yetersiz toplum kesimi için yabani bitkisel ve hayvansal türler de dâhil olmak üzere elde edilen gıda maddeleri, temel besin maddelerini tamamlayıcı olarak büyük önem taşımaktadır.

Dünyada bitki ve hayvan türlerinin çeşitliliği, insanlarda beslenmesinin temelini oluşturmak suretiyle esas besin bileşenlerini tedarik etmektedir. Bu noktada gıda çeşitliliği, dengeli bir diyet ve dolayısıyla insan sağlığı için gerekliliktir. Yapılan çalışmalarda beslenme durumunun özellikle çocuklarda gelişimi, çeşitli besin maddelerinin tüketilmesi sayesinde iyileştirdiği ve spesifik meyve ile sebzelerden zengin biçimde beslenmenin sağlığa faydalı olduğu ortaya konulmaktadır.

Biyoçeşitlilik, klasik gıda yönetim uygulamalarının bir ögesidir. Geleneksel üretim sistemleri bir kez ortadan kalktığında tekrar oluşturulması oldukça zordur. Ayrıca, gıda muhafazası, iklimsel özellikler, yetiştirme koşulları ve gıda üretimine ilişkin klasik bilgilerde gıdaların bileşimini etkilemektedir.

Tarımsal biyolojik çeşitlilik, gıda ve tarım ile alakalı tüm biyolojik farklılık bileşenlerini ve tarımsal ekosistemi oluşturan biyolojik çeşitliliğin tüm bileşenlerini ihtiva eden oldukça kapsamlı bir ifadedir.

Türkiye’de 100’ün üzerinde bitki türünün geniş farklılık gösterdiği toplam 5 adet mikrogen merkezi mevcut olup, söz konusu merkezlerin birçok önemli kültür bitkisi ve diğer bitki türlerinin köken ya da çeşitlilik kaynağı olduğu bildirilmektedir (Arslan, 2010). Buna karşın, biyoçeşitlilikteki kayıplar hakkında Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından sunulan raporlar endişe vericidir. Tarımsal biyoçeşitliliğin son yıllarda hızla azaldığı ve 19. yüzyılın ortalarından itibaren kültür bitkilerinin biyolojik çeşitliğindeki kayıpların %75’in üzerinde olduğu bildirilmektedir.

Yapılan son araştırmalar doğrultusunda, hayvancılık alanında yok olma riski ile karşı karşıya hayvan ırklarının oranında artış olduğu ifade edilmektedir. Günümüzde endüstriyel üretim amacıyla 40’a yakın geviş getiren ve kanatlı hayvandan üretim amacıyla faydalanılmaktadır. 20. yüzyılda bilinen 6400 kültür ırkı hayvanın yaklaşık 1000 adedinin yok olduğu ve dünya çapında %30 düzeyinde evcil hayvanın neslinin tükenme tehdidi ile karşı karşıya olduğu ifade edilmektedir (Food Agriculture and Organization, 2019). Bu bağlamda, tarım ve gıda kapsamında biyoçeşitliliğin tür, genetik ve ekosistem seviyesi gibi çoğu temel bileşeninde azalma mevcut olduğu rapor edilmektedir. Benzer durum, belirli alanlardaki bitki türleri için de bildirilmektedir. Genel olarak tarımsal arazilerde bitki çeşitliliği giderek azalırken,

çeşitliliğe karşı tehdit de artmaktadır. Diğer taraftan, balık rezervlerinin hemen hemen %35'inin aşırı avcılığa maruz kaldığı, tatlı su balıklarının da üçte birinin tehlike altında olduğu ifade edilmektedir. Tatlı su rezervleri, balıklar ve tozlayıcılar gibi türler için habitat sağlamak ve söz konusu türleri tehlikelerden korumak da dahil gıda ve tarım için sayısız ana hizmeti sunan elzem ekosistemlerin hergen gün hızla azaldığı bildirilmektedir (Food Agriculture and Organization, 2019).

1.4. Tarım ve Gıda için Biyoçeşitliliğin Önemi

Gıda ve tarım açısından biyoçeşitlilik; sürdürülebilir kalkınma, gıda güvenliği ve mevcut ekosistem devamlılığı için elzem olarak görülmektedir (Food Agriculture and Organization, 2019). Biyoçeşitlilik, mevcut üretim sistemlerini ve geçim kaynaklarını oluşturan tarımsal faaliyetleri iklim değişikliğinin etkisi de dahil olmak üzere öngörülemeyen durumlara ve baskılara karşı daha dirençli kılmaktadır. Diğer taraftan, biyoçeşitliliğin gıda maddelerinin üretimini arttırırken, çevre üzerinde oluşabilecek olumsuz etkileri sınırlamak için etkin bir kaynak olduğu da görülmektedir. Biyoçeşitliliğin, gıda sektöründeki üreticiler ve çiftçiler tarafından pahalı ve çevresel zararları olan girdilere duyulan ihtiyacı genel olarak azalttığı bilinmektedir. Sunulan ülkelere ait raporlarda; değişen ve çeşitlilik gösteren gıda üretim uygulamalarında karşı karşıya kalınan güçlüklerle dair çözümler bulma konusunda biyoçeşitliliğin tür, genetik ve ekosistem seviyesinde önemi vurgulanmaktadır.

Gıda üretimi ve güvenliği, genel olarak biyoçeşitliliğin ve tarımsal biyoçeşitliliğin akıllıca kullanılmasına ve korunmasına bağlıdır. Tahıllar ve mevcut yabancı tahıllar, klasik tarım yöntemleriyle yeni ürün çeşitlerinin ıslahı için potansiyel hammadde oluşturmaktadır. Çevresel ve demografik değişikliklere yanıt olarak ıslah ve biyoteknolojik teknikler, hayvan çeşitliliği iyileştirme, et ve tozlaşma ajanı olarak özel öneme sahiptir. İlave olarak, ormanlar gıdanın üretildiği ekosistemi güvence altına almak için önemli bir rol oynamaktadır. Bu bakımdan toprak verimliliğinin artması ve yapısının korunması sayesinde mikrobiyal çeşitlilik de artmaktadır. Ancak, biyoçeşitliliği sağlayacak olan söz konusu genetik kaynakların çoğu şu anda az kullanılmakta veya risk altında bulunmaktadır (Sufiyan, 2022). Mevcut olumsuz durumları gidermek amacıyla yapılan faaliyetler sonucunda gıda ve tarım için biyoçeşitliliğin sürdürülebilir biçimde uygulanmasını ve muhafazasını destekleyen faaliyet ve yaklaşımların giderek artış gösterdiği bildirilmektedir. Tarım ve gıda temelinde biyoçeşitliliğin, yönetim faaliyetlerinin etkisi üzerine bilgi birikimlerinin geliştirilmesi, kapasite arttırımı ile üreticiler tarafından bu tip yaklaşım ve uygulamaların benimsenmesini kolaylaştıracak vizyonun geliştirilmesi dahil olmak üzere biyoçeşitliliği geliştirici uygulama ve yaklaşımların süratle teşviki gerekmektedir. Nitekim, bazı türlerin uzun vadeli ex-situ muhafazası önündeki teknik kısıtlara ilişkin etkili in-situ ve ex-situ koruma programlarının meydana getirilmesini engelleyen kaynak, temel bilgi ve politikalarla ilgili sınırlamaların giderilmesi, bitkisel ve hayvansal üretimde biyoçeşitlilik dostu uygulamaları teşvik etmek

suretiyle yerel topluluklarla ilişkilendirilmiş geleneksel yöntemlerin desteklenmesi, gıda üretim uygulamaları içinde veya çevresinde tabii veya yarı tabii habitatların muhafazasının teşviki ile gıda temini için tarımsal ve hayvansal üretimde biyoçeşitliliği muhafaza etmek amacıyla koruma alanlarının oluşturularak muhafazanın desteklenmesi büyük önem taşımaktadır (Food Agriculture and Organization, 2019).

1.5. Gıda Güvenliği ve Tarımsal Biyoçeşitlilik İlişkisi

Avrupa Gıda Güvenliği İdaresi tarafından yayınlanan (EC)178/2002 sayılı Tüzük'te gıda ifadesi; işlenmemiş, kısmen işlenmiş veya işlenmiş, insanlar tarafından yenilmesi, içilmesi için hazırlanmış veya yenilmesi, içilmesi makul ölçüde beklenen madde yahut ürün olarak tanımlanmaktadır (Eur-Lex, 2002). Bu bağlamda, gıda kavramı kapsamının belirlenmesinin, yönetimin gıda güvenliğini temin etmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu şekilde yönetimin hizmet ve sorumluluk çerçevesinin tespiti mümkün olmaktadır (Soylu, 2022).

Yakın geçmişten buyana dünya nüfusu endişe verici bir hızla artışını sürdürmektedir. Birleşmiş Milletlerin dünya nüfus beklentileri doğrultusunda dünya nüfusunun artmaya devam ederek 2030 yılında 8,5 milyara, 2050 yılında 9,7 milyara ulaşması ve 2100 yılında ise 11 milyarı aşması öngörülmektedir (United Nations, 2017). Bu doğrultuda 2030 yılına kadar dünya nüfusunun 8,3 milyara ulaşması ve %90'ının gelişmekte olan ülkelerde yaşayacak olan söz konusu 2 milyar insanı beslemek için %70-100 düzeyinde daha fazla gıda maddesine gereksinim duyulacaktır (Godfray vd., 2010). Bu nedenle, yeterli gıdanın güvenilir bir şekilde üretiminin sağlanmasının yanında, genişleyen nüfusun göz önüne alınarak gıdaların herkes için erişilebilir olması da gerekmektedir.

Günümüzde küresel ölçekli insani problemler arasında gıdaya ilişkin sorunlar ön sıralarda yer almaktadır. Güvenli gıdaya erişim herkesin en temel hak ve özgürlüklerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda, Roma Dünya Gıda Deklarasyonu'nda, tüm insanların yeterli ve güvenilir gıdaya erişim hakkı olduğu ifade edilerek; hiçbir bireyin, en temel hak ve özgürlüklerden olan yeterli ve güvenli gıdaya erişimden mahrum bırakılamayacağı vurgulanmıştır (Erbelet, 2014). Bu bağlamda, insanların en temel ihtiyaçlarından olan beslenmenin sağlanabilmesi açısından tarımsal üretim ve gıdalar stratejik önem arz etmektedir. Gıda üretiminin yeterli düzeyde yapılabilmesi, güvenli gıdaların üretimi ile üretilen gıdanın eşit bir şekilde paylaşılması gibi birçok faaliyetin gıda güvencesi ve güvenliği ile ilgili olduğu bilinmektedir (Koç & Uzmay, 2015). Diğer taraftan, başlıca kıtlık, yoksulluk, savaş, kriz ve açlık yanında gelişen teknolojiye bağlı olarak yeni gıda maddelerinin ortaya çıkarılması, yükselen gıda rantına bağlı küreselleşme gibi gıda güvenliği problemlerinin daha fazla ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Soylu, 2022). Aynı zamanda, gıda ticaretinin küresel ölçekte artmasına bağlı olarak gıda kaynaklı hastalıklar ve buna bağlı insan kayıplarının artması kontrolü güç bir alan oluşturmaktadır.

Biyoçeşitlilik ve gıda güvenliği, insanlığın hayatta kalması ve sağlıklı bir gelecek için temel unsurlardan biridir. Biyoçeşitlilik, dünyadaki yaşamın çeşitliliği anlamına gelirken, gıda güvenliği, insanların sağlıklı ve dengeli beslenme ihtiyacını karşılamak için gıda arzının sürekliliğini ve erişilebilirliğini ifade etmektedir. Bu iki kavramın birbirine sıkı sıkıya bağlı olduğu bir gerçektir. Genel olarak biyoçeşitlilik; tarım, hayvan yetiştiriciliği ve balıkçılık gibi gıda sistemlerinin sağlıklı işleyişini sağlamaktadır. Farklı bitki ve hayvan türlerinin bulunması, hastalıklara dayanıklılığı artırmak suretiyle tarım ürünlerinin çeşitliliği ile sağlıklı beslenmeyi teşvik etmektedir. Aynı zamanda, biyoçeşitlilik, doğal habitatların korunmasıyla su ve toprak kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını da desteklemektedir.

Biyoçeşitliliğin korunması, gıda güvenliği için temel bir strateji olarak görülmektedir. Nitekim, korunan doğal habitatlar, çeşitli bitki ve hayvan türlerinin yaşam alanlarını güvenli kılmakta ve ekosistemlerin sağlıklı işleyişini sürdürmesini sağlamaktadır. Ayrıca, yerel bitki ve hayvan türlerinin korunması neticesinde, geleneksel tarım uygulamalarının sürdürülmesi söz konusudur. İlave olarak, biyoçeşitliliği destekleyen tarım uygulamaları ve çeşitlendirilmiş tarım sistemleri, gıda güvenliğini artıran unsurlar olarak görülmektedir. Bu noktada, biyoçeşitlilik ve gıda güvenliği, birbirinden ayrı düşünülemeyen kavramlar olarak düşünülmektedir. Doğanın çeşitliliği ve ekosistemlerin sağlığı, insanların sağlıklı ve dengeli beslenmesi için temel gereksinimler olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, biyoçeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir gıda sistemlerinin teşvik edilmesi, gelecek nesillerin sağlıklı bir yaşam sürmesini sağlayacak önemli adımlar olarak görülmektedir.

Günümüzde FAO tarafından gıda güvenliği “tüm insanların aktif ve sağlıklı bir yaşam sürdürebilmesi için beslenme gereksinimlerini ve gıda tercihlerini karşılayacak yeterli, güvenilir ve besleyici gıdaya her zaman fiziksel, sosyal ve ekonomik erişimi” olarak tanımlanmaktadır. Bu geniş kapsamlı tanım; gıda güvenliğinin bulunabilirlik, erişilebilirlik, kullanılabilirlik ve istikrar olarak bilinen 4 boyutunu içermektedir:

Bulunabilirlik; gıda yardımı dâhil olmak üzere, ulusal üretim yada ithalat sayesinde a tedarik edilen uygun kalitede yeterli gıdanın mevcudiyeti; erişilebilirlik; bireylerin nutrisyonel değeri olan ideal gıdayı elde edebilmek için yeterli kaynağa ulaşabilmesi, kullanılabilirlik; bireyin tüm fizyolojik ihtiyaçlarının karşılandığı refah seviyesine ulaşması amacıyla gıdanın besin içeriği, su, hijyen ve sağlık gibi koşullar açısından uygunluğunu, gıda güvenilirliği ve kalitesi, istikrar ise; gıda güvenliğinin oluşturulabilmesi için bir insan veya popülasyonun gıdaya erişiminin sürekli ve sürdürülebilir olması şeklinde detaylandırılmaktadır. Bu sebeple besin maddelerine erişimde; doğal afetler, ekonomik problemler gibi öngörülemeyen değişimler veya iklimsel sebeplerden etkilenmeme durumu önem taşımaktadır (Food Agriculture and Organization, 2002).

1.6. Sürdürülebilir Gıda Güvenliğini Etkileyen Önemli Faktörler

Yaşam döngüsünün devamlılığının sağlanması için gerekli olan beslenme, metabolizma için gıda maddelerinden gerekli besin maddeleri ve enerjinin alınması bakımından önem taşımaktadır. Beslenmenin diğer bir önemli etkisi ise insanların fiziksel ve mental gelişimine destek olmaktır. Metabolizma için elzem olan gıda maddelerinin dengeli ve yeterli miktarda, erişilebilirliği kolay, uygun fiyatlı, güvenli olması temin edilerek sürdürülebilirliğin devamı önem arz etmektedir (Yüksel & Özkul, 2021).

Günümüzde endişe verici bir hızla dünya nüfusunun artmasına bağlı olarak, nüfusun yaşamını devam ettirebilmesi amacıyla endüstriyel tarım ve hayvan üretiminde seleksiyona uğratılmış bazı grupların üretimine odaklanılması biyoçeşitliliği sınırlandıran bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dünyada yaşamsal döngünün devamı için karşılaşılan başlıca problemler arasında ekonomiden, beslenme ve temizliği etkileyen su kaynaklarının azalması ile kuraklık problemi yer almaktadır (Haspolat, 2015). Mevcut kuraklığın gıda üretimi kapsamında; bitkisel ve hayvansal üretimde düşük verim, hayvan kayıpları, hasat kayıpları, artan hayvan ölümleri, böcek istilalarında ve bitki ve hayvan hastalıklarının prevalansında yükselme, balık ekosisteminin zarara uğraması, orman yangınları, arazilerin bozulması ve toprak kayması gibi olumsuz birçok etkisi bulunmaktadır (Food Agriculture and Organization, 2011).

İklim değişikliği, “karşılaştırılabilir zaman aralıklarında tespit edilen doğal iklim değişikliğine ilave olarak, dolaylı veya doğrudan dünya atmosferinin bileşimini bozan insan faaliyetleri neicesinde iklimde oluşan farklılık” biçiminde ifade edilmektedir. İklim değişikliğinin etkilediği başlıca alanlar arasında tarımsal ve hayvansal üretim gelmektedir. Tarımsal üretim ve tarım yapılabilen arazilerdeki değişiklikler dünyanın sahip olduğu besin varlığı ve üretimini de önemli ölçüde etkilemektedir. Gıda üretimindeki değişimlerin, gelecek dönemde gıda fiyatlarını etkilemeye devam edeceği, gelişmekte olan toplumların yeterli ve kaliteli besine erişim imkânlarını sınırlandıracığı beklenmektedir (Türkeş, 2014).

Dünyada mevcut insanların yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmesi için gerekli olan besin maddelerinin büyük bir bölümü tarım arazilerinden elde edilmektedir. Bu bağlamda, tüketilen gıdaların %99,7’si topraktan sağlanırken yalnızca %0,3’ü sulardan temin edilmektedir (Erbaş & Arslan, 2012). Buna göre, tarım alanlarının muhafazası ve doğru yönetimi, besin ihtiyacının karşılanması açısından büyük önem arz etmektedir. Ancak, toprak kayması, gibi doğal nedenlerin yanı sıra verimli alanların tarım dışı uygulamalarda kullanımı ve miras paylaşımı gibi nedenlerle tarım alanlarının parsel boyutlarının giderek küçülmesi gibi sosyoekonomik sebeplerle tarım arazilerinin yanlış yönetimi söz konusu olmaktadır.

Giderek yükselen kentleşme; artan gelirle paralel olarak tarımsal ürünler için talebi yükseltmekte olup, bu kapsamda gıda firmalarının, çiftçilerin ve yerli ekonominin yükselen talebi karşılması gerekmektedir. Söz konusu durum kırsal ve kentsel gıda güvenliğinin temini açısından önemli bir engel olarak görülmektedir (Satterthwaite vd., 2014). Buna bağlı olarak sanayileşmeyle birlikte kentleşmenin artması, giderek yükselen doğal kaynak tüketiminin yanında kırsal kesimde yaşayan popülasyonun düşmesine bağlı olarak, azalan tarımsal işgücü gibi gelişmeler kentleşmenin artan boyutunun önümüzdeki dönemde gıda güvenliğinin temininde daha büyük ve ciddi bir engel teşkil edeceğini göstermektedir (Haspolat, 2015).

Gıda fiyatları, dünyada mevcut insanların kazançlarını ve alım güçlerini doğrudan etkilemesi sebebiyle, gıda güvenliğine etki eden önemli öğelerden biri olarak değerlendirilmektedir. Özellikle son 15 yıllık süreçte küresel gıda fiyatlarında yaşanan dalgalanmalar ve fiyat artışları, gıda güvenliğini sağlama bakımından arz ve fiyat istikrarının önemini ortaya çıkarmıştır (Food Agriculture and Organization, 2014).

2. SONUÇ

Günümüzde dünya nüfusu endişe verici biçimde sürekli artış göstermekte olup bu durum gıda üretiminin de artırılmasını bir gereklilik haline getirmektedir. Biyoçeşitlilik, özellikle mahsul ve bahçecilik biyoçeşitliliği gibi tarımsal biyoçeşitlilik, hayvan biyoçeşitliliği, orman biyoçeşitliliği ve mikrobiyal biyoçeşitlilik dünya gıda güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Yaşamının devamlılığı için vazgeçilmez bir unsur olan gıda temini ve gıda güvenliği/güvencesinin sürdürülebilirliği biyoçeşitliliğin etkin yönetimiyle mümkündür. Gıda güvenliği açısından önemli olan biyoçeşitliliğin kaybedilmesi halinde, gıda üretiminin artırılmasından veya çeşitlendirilmesinden bahsedilemeyeceği aşıkardır. Bu nedenle biyoçeşitlilik ekosistem, tür ve genetik kaynaklar düzeyinde korunmalı ve sürdürülebilirliği sağlanmalıdır. Mevcut rezervlerin etkin ve sürdürülebilir kullanımı ile besin üretiminin artırılması ve biyoçeşitliliğin muhafazasına dair programlar oluşturularak uygulanması sonucunda, bugün ve gelecekte tüm insanlar bakımından gıda güvenliği, yeterli beslenme ve dengeli bir geçim kaynağı sağlanması temel hedeflerden olmalıdır. Biyoçeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanımına ilişkin Gıda ve Tarım Örgütü ve Birleşmiş Milletler gibi global kurumlarda kararlar alınarak uygulamaya konulması, küresel gıda güvenliğine önemli katkılar sağlayacaktır. Bu noktada ülkelerin durum analizi, altyapı, kurumsallaşma, siyasi sebepler ve farkındalık gibi konulara yönelik daha fazla çaba göstermeleri gerekmektedir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Arslan, N. (2010). Tarımsal biyoçeşitlilik ve yerel çeşitlerin/ekotiplerin önemi. *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, 354, 4-9.
- Aydın, A. (2018). Dünya ve ülkemizde kırmızı et üretimi ve tüketimi. *Türkiye Bilimler Akademisi, Yem ve Kırmızı Et Sempozyumu Raporu*, (ss.17-22). Sıfıraltı Yayıncılık, Ankara.
- Erbaş, M., & ARSLAN, S. (2012). Açlığın önlenmesi ve gıda güvencesinin sağlanması. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 36, 50-59.
- Erbelet, E. (2014). Gıda güvenliğinin Türk tarım politikalarındaki yeri ve Türk tarımına etkisi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 184 sayfa.
- Eur-Lex. (2002). Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32002R0178> (Erişim Tarihi: 30.12.2023).
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2002. The state of food insecurity in the world. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2011. Drought related food insecurity: A focus on the horn of Africa. 1-7. <https://www.fao.org/3/mb738e/mb738e.pdf> (Erişim Tarihi: 30.12.2023).
- Food and Agriculture Organization FAO (2014), The state of food insecurity in the World: Strengthening the enabling environment for food security and nutrition. Rome
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2018. Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM). <https://www.fao.org/gleam/results/en/> (Erişim Tarihi: 30.12.2023).
- Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. (2019). *Gıda ve Tarım için Biyoçeşitliliğin Küresel Durumu Raporu*, 16 sayfa.
- Godfray HCJ, Beddington JR, Crute JI, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas S, & Toulmin C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327, 812-818. doi: 10.1126/science.118538
- Haspolat, N.A. (2015). Gıda güvenliğinde sürdürülebilir gıda sistemleri. Uzmanlık Tezi. Ankara. 109 sayfa.
- Kayıoğlu, Ç., & Türksoy, S. (2023). Tarımda sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(1), 289-303. doi:10.20479/bursauludagziraat.1142135
- Koca, R., & Somuncu, M. (2021). Gıda Güvencesi Konusunda Türkiye İçin Bir Değerlendirme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 8(2): 1-11.
- Koyuncu, M., & Nageye, F.I. (2020). İklim değişikliğinin sürdürülebilir hayvancılığa etkileri. *Journal of Animal Production*, 61(2), 157-167, doi: 10.29185/hayuretim.673145

- Satterthwaite, D., McGranahan, G., & Tacoli, C. (2010). Urbanization and its implications for food and farming. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365, 2809-2820.
- Soylu, A.C. (2022). Sürdürülebilir kalkınma ve gıda güvenliği ilişkisi. *Paradigma: İktisadi ve İdari Araştırmalar Dergisi*, 11(2), 100-111.
- Sufiyan, A. (2022). The Role of biodiversity in food security. *International Journal of Scholarly Research in Science and Technology*, 1, 1-8.
- Turan, Z., Şanver, D., & Öztürk, K. 2017. Türkiye’de hayvancılık sektöründen süt inekçiliğinin önemi ve yurt içi hasılaya katkısı ve de dış ülkelerle karşılaştırılması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(3), 60-74.
- Türkeş, M. (2014). İklim değişikliğinin tarımsal gıda güvenliğine etkileri: Geleneksel bilgi ve agroekoloji, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 71-85.
- Türkeş, M. (2020). İklim değişikliğinin tarımsal üretim ve gıda güvenliğine etkileri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 29(1), 125-149.
- Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) (2006). Dünya’da ve Türkiye’de biyolojik çeşitliliği koruma. 176 sayfa, Şenol Matbaacılık, Ankara.
- Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) 2013. Türkiye tarım sektörü raporu. Afşaroğlu Matbaası, Ankara, 2013 https://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/2014/turkiye_tarim_meclisi_sektor_raporu_2013_int.pdf. (Erişim Tarihi 30.12.2023)
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2023a). Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2023-49535> (Erişim Tarihi 30.12.2023)
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2023b). Hayvansal Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-Haziran-2023-49680> (Erişim tarihi 30.12.2023)
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017). World population prospects: The 2017 revision, key findings and advance tables. Working Paper No. ESA/P/WP/248.
- Vural, H., & Fidan, H. (2007). Türkiye’de hayvansal üretim ve hayvancılık işletmelerinin özellikleri. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 13(2), 49-59.
- Yüksel, A., & Özkul, E. (2021). Sürdürülebilir Diyet Modellerinin Değerlendirilmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(2): 467-481.

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Ali AYDIN | İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa |
aliaydin[at]iuc.edu.tr | ORCID: 0000-0002-4931-9843**

Profesör Ali Aydın halen İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü'nde bölüm başkanı olarak görev yapmaktadır. Veteriner hekimliği lisans derecesi, 1996 yılında Türkiye'de yüksek lisans derecesi ve Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü'nden Gıda Bilimi alanında doktora derecesi almıştır. Dr. AYDIN, 2008 yılında doktora sonrası faaliyet için Viyana'daki Veterinerlik Üniversitesi'ni ziyaret etmiştir. Ayrıca, 1 yıl boyunca Amerika Birleşik Devletleri Georgia Üniversitesi Gıda Güvenliği Merkezi'nde görev yapmıştır. Kendisi 1996 yılından bu yana Veteriner Halk Sağlığı alanında öğretim üyesi ve araştırmacı bilim insanı olarak çalışmaktadır. Bu yıllar içinde 70 araştırma projesinde proje lideri veya araştırmacı olarak yer almıştır. Hakemli ulusal ve uluslararası dergilerde 100'den fazla yayını, 10 kitap bölümü ve 200'den fazla sözlü ve poster sunumu bulunmaktadır. Dr. Aydın, virüsler de dahil olmak üzere gıda kaynaklı bakteriyel patojenlerin moleküler karakterizasyonu ile prevalans, insidans, coğrafi dağılım ve genetik ilişkilerine odaklanmaktadır. Halen Türkiye Bilimler Akademisi Gıda ve Beslenme Grubu üyesi, Kazak Ulusal Bilimler Akademisi'nde yabancı uzman ve Türk Akreditasyon Kurumu'nda Denetçi olarak görev yapmaktadır.

**Prof. Dr. Ali AYDIN | Istanbul University-Cerrahpasa |
aliaydin[at]iuc.edu.tr | ORCID: 0000-0002-4931-9843**

Professor Ali Aydın is currently the head of the Department of Food Hygiene and Technology, Faculty of Veterinary Medicine, Istanbul University-Cerrahpaşa. Ali obtained a degree in veterinary medicine, an MSc in 1996 in Turkey, and a Ph.D. in Food Science from the Department of Food Hygiene and Technology, Istanbul, Turkey. Dr. AYDIN visited Veterinary Medicine University in Vienna for post-doctorate activity in 2008. Additionally, he has worked for 1 year at the University of Georgia Center for Food Safety. He has been working as a research scientist and senior lecturer teaching veterinary Public Health- since 1996. Over these years, he has been involved in 70 research projects as either a project leader or a researcher. He has had over 100 publications in peer-reviewed national and international journals, 10 book chapters, and more than 200 oral and poster presentations. Dr. Aydın focuses on the prevalence, incidence, geographical distribution, and genetic relationships with molecular characterization of several foodborne pathogens, including viruses. He is still a member of the Food and Nutrition Group, the Turkish Academy of Science, a foreign expert for the Kazakh National Academy of Sciences, and an Auditor for the Turkish Accreditation of Agency.



SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA ÜRETİMİNDE BİYOÇEŞİTLİLİĞİN ROLÜ

THE ROLE OF BIODIVERSITY IN SUSTAINABLE FOOD PRODUCTION

**Hamit KÖKSEL
Oğuz ACAR**

SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA ÜRETİMİNDE BİYOÇEŞİTLİLİĞİN ROLÜ

Hamit KÖKSEL*, Oğuz ACAR**

**İstinye Üniversitesi, **T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı*

Özet

Sürdürülebilirlik kavramı, dünya nüfusu her geçen gün arttığı, doğal kaynakların tükendiği, iklim değişikliğinin etkilerini gösterdiği ve ekosistemlerin daha fazla zarar gördüğü günümüzde her geçen gün daha önemli hale gelmektedir. Birleşmiş Milletler raporlarında insan beslenmesine yönelik olarak hayvansal ve tarımsal üretimde gerekli tedbirler alınmazsa önümüzdeki yıllarda ciddi sorunların yaşanacağı belirtilmektedir. Dolayısı ile geleceğe yönelik olarak gıda güvencesi için sürdürülebilir gıda üretiminin sağlanması gerekmektedir. Biyoçeşitlilik, bir ekosistemin içinde ve arasında bulunan canlı organizmaların genetik, tür ve ekosistem düzeyinde çeşitliliğini ifade eden bir kavram olup sürdürülebilir gıda üretimine etki eden faktörlerin başında gelmektedir. Biyoçeşitlilik, tarımı yapılan bitkiler için genetik çeşitliliğin sağlanması sonucu daha dayanıklı ve verimli tarımsal ürün çeşitlerinin geliştirilmesi, dolayısı ile iklim değişikliği ve benzeri tehditlerle başa çıkma imkânı sağlaması nedeniyle önemlidir. Ayrıca biyoçeşitlilik, hastalık ve zararlılar gibi bitkilerin doğal düşmanlarını da kapsadığından, kimyasal pestisitlerin ve antibiyotiklerin kullanımının azaltılarak çevresel etkilerin en aza indirmesi ve gıdalardaki kalıntıların önlenmesi, toprak verimliliğinin artırması, tozlaşmaya katkı sağlanması ve su döngüsünün düzenlemesi bakımından da önem arz eder. Diğer taraftan, farklı gıda türlerinin ve çeşitlerinin bulunmasına olanak sağlaması nedeni ile de biyoçeşitlilik, beslenme çeşitliliğini artırması ve tek tip (çeşitlendirilmemiş) beslenmeden kaynaklı rahatsızlıkların önüne geçmesi gibi sebeplerle de sürdürülebilir gıda üretiminin temel bileşenlerindendir.

Anahtar Kelimeler

Sürdürülebilirlik, Biyoçeşitlilik, Sürdürülebilir gıda üretimi

THE ROLE OF BIODIVERSITY IN SUSTAINABLE FOOD PRODUCTION

Hamit KÖKSEL*, Oğuz ACAR**

**İstinye University, **Republic of Türkiye, Ministry of Agriculture and Forestry*

Abstract

Nowadays, the sustainability concept is becoming more and more important, due to the fast growing rate of the world population, exhausted natural resources, the clear effects of climate change on environment and more damaged ecosystems. In the reports of the United Nations, it is stated that if necessary measures are not taken in animal and agricultural production for human nutrition, serious problems will be experienced in the coming years. Therefore, sustainable food production should be implemented in order to ensure food security for the future. Biodiversity is a concept that expresses the diversity of living organisms in and between an ecosystem at the genetic, species and ecosystem levels and is one of the main factors affecting sustainable food production. Biodiversity is important because it enables the development of more durable and productive agricultural products as a result of providing genetic diversity for the plants and animals grown, thus providing the opportunity to cope with the threats such as climate change. Since biodiversity includes the natural enemies of diseases and pests, it is also essential in terms of minimizing environmental impacts by reducing the use of chemical pesticides and antibiotics, preventing residues in food, increasing soil fertility, contributing to pollination and regulating the water cycle. Furthermore, it is one of the basic components of sustainable food production, as it allows the availability of different food types and varieties, increases nutritional diversity, and prevents diseases caused by uniform (undiversified) nutrition.

Keywords

Sustainability, Biodiversity, Sustainable food production

1. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI

Dünya nüfusu her geçen gün hızla artarken, doğal kaynaklar giderek tükenmekte, iklim değişikliği belirgin bir şekilde etkisini göstermekte ve ekosistemler her geçen gün daha fazla zarar görmektedir (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, (UNESCO), 2021; Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2021). Bu noktada, sürdürülebilirlik kavramı da büyük önem arz etmektedir. Sürdürülebilirlik, mevcut nesillerin ihtiyaçlarını karşılarken, gelecek nesillerin de aynı fırsatlara sahip olabilmesini sağlama ilkesini içermektedir (World Commission on Environment and Development (WCED), 1987; United Nations Development Programme (UNDP), 2015).

Sürdürülebilirlik kavramsal olarak yaşadığımız gezegenin kaynaklarını, ekosistemlerini ve toplumsal dengeyi gelecek nesillere zarar vermeden koruma ve sürdürme amacını taşıyan bir kavramdır. Temel olarak, sürdürülebilirlik, insan faaliyetlerinin çevreye, ekonomiye ve topluma olan etkilerini dengede tutmayı hedefler (WCED, 1987). Bu kavram, dünya üzerindeki tüm yaşam formlarını ve ekosistemleri içerir ve insanların doğanın bir parçası olduğu anlayışını temel alır. Bu bağlamda sürdürülebilirlik kavramı çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik olmak üzere 3 alt başlık altında incelenebilir.

- Çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını öne çıkaran sürdürülebilirlik türüdür. Sürdürülebilir bir çevre, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını, toprak erozyonunu önleme çabalarını, biyoçeşitliliğin korunmasını ve iklim değişikliği ile mücadeleyi içerir (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2019). Örneğin, enerji üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanılması ve atık yönetimi, çevresel sürdürülebilirliğin temel unsurlarındandır.
- Sosyal sürdürülebilirlik, insanların refahını ve yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen sürdürülebilirlik türü olup, eşitlik, adalet, sağlık hizmetlerine erişim, eğitim ve iş olanakları gibi faktörleri içerir (UNESCO, 2021). Sosyal sürdürülebilirlik, toplumların farklı ihtiyaçlarını ve kültürel değerlerini saygıyla ele alır ve toplumların karar alma süreçlerine katılımını teşvik eder.
- Son olarak ekonomik sürdürülebilirlik ise ekonomik büyümeyi sürdürürken kaynakların korunmasını ve adil bir gelir dağılımını destekler (United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2019). Sürdürülebilir bir ekonomi, kaynakların israf edilmesini önler ve gelecek kuşaklara daha iyi bir ekonomik temel bırakmayı amaçlar (Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2020). İşletmelerin, tüketici güvencesini ve uzun vadeli başarıyı gözetmeleri bu prensibi yansıtır.

Sürdürülebilirlik, karmaşık ve bağlantılı birçok sorunu ele alırken insanların ve doğanın birlikte yaşayabileceği bir dengeyi sürdürmeyi hedeflemektedir (Rockström vd., 2009). İnsanların doğaya olan bağlılığı ve doğanın insan yaşamının temel bir parçası olduğu gerçeği, sürdürülebilirlik fikrinin temelini oluşturmaktadır. İnsanlık, sürdürülebilirlik ilkelerini benimseyerek kaynakları daha etkili bir şekilde yönetebilir ve ekosistemlere zarar vermeden yaşamını sürdürebilir.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA ÜRETİMİ VE TÜKETİMİ

Günümüz dünyasında, sürdürülebilir gıda üretimi ve tüketimi, giderek artan bir öneme sahiptir. Küresel nüfusun hızla büyümesi, çevresel kaynakların sınırlı olması ve iklim değişikliği gibi faktörler, gıda üretiminin ve güvencesinin daha karmaşık hale gelmesine neden olmaktadır (Smith vd., 2013). Bu noktada çoğunlukla birbirleriyle karıştırılarak birbirleri yerine de kullanılan gıda güvenliği (food safety) ve gıda güvencesi (food security) kavramlarına açıklık getirmek gerekir.

Gıda güvenliği, “Akut veya kronik olarak tüketici sağlığına zarar verebilecek tehlikeler bütünü” ifade derken, gıda güvencesi “Bütün insanların her zaman aktif ve sağlıklı bir yaşam için gerekli olan besin ihtiyaçlarını ve gıda önceliklerini karşılayabilmek amacıyla yeterli, sağlıklı, güvenilir ve besleyici gıdaya fiziksel ve ekonomik bakımdan sürekli erişebilmesi” şeklinde tanımlanmaktadır. Gıda güvencesi, gıda güvenliği kavramını da içine alan ve gıda miktarının yeterliliği, gıdaya fiziksel ve ekonomik ulaşım ve tüm bunların istikrarlı olması anlamına gelen geniş bir kullanım alanına sahiptir (Niyaz & İnan, 2016).

Gıda güvencesi konusu Malthus’un “An Essay on the Principle of Population” adlı eserine kadar dayandırılmaktadır. Malthus, insan nüfusundaki artışın geometrik, buna karşın gıda kaynaklarının ise aritmetik artış göstermesi nedeniyle gıda kaynakları yetersizliğinin ortaya çıkacağını ve doğal seleksiyon sonucu güçlülerin yaşamaya devam edeceğini söylemiştir (Akdoğan-Gedik, 2020).

Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan raporlara göre dünya nüfusu sürekli artmakta fakat insan beslenmesine yönelik olarak tarımsal ve hayvansal üretimde gerekli tedbirler alınmazsa önümüzdeki yıllarda ciddi sorunların yaşanacağı belirtilmektedir. 1950 yılında 2,5 milyar olan dünya nüfusu günümüzde yaklaşık olarak 8,3 milyar düzeyinde olup, 2030 yılında ise 9,6 milyarı aşacağı tahmin edilmektedir. Bunun yansıya, 2018 yılında 820 milyondan fazla insanın açlıkla mücadele ettiği, yaklaşık 2 milyarın üzerinde insanın ise sağlıklı, güvenilir ve besleyici gıdaya ulaşımının olmadığı tahmin edilmektedir (FAO, 2018; FAO, 2019; Koca & Somuncu, 2021).

Tarımsal üretim verileri incelendiğinde buğday, mısır ve pirincin toplam üretimi 1961’de 877 milyon tondan 2007’de 2342 milyon tona yükselirken, dünya ortalama tahıl verimi 1961’de 1,35 ton/ha’dan 2007’de 3,35 ton/ha’a yükselmiştir. 2040 yılında ise yaklaşık 4,8 ton/ha olacağı tahmin edilmektedir. Eş zamanlı olarak kişi başına düşen ekilebilir arazi alanı 1961’de 0,415 hektardan 2007’de 0,214 hektara düşmüştür. Başka bir deyişle, eğer son 60-70 yıldaki verim artışları sağlanmasaydı, mevcut nüfusu geçindirmeye yetecek tarımsal ürün üretmek için neredeyse üç kat daha fazla araziye ihtiyaç duyulacaktı.

Sürdürülebilir gıda üretimi, çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik bir rol oynar. Geleneksel tarım ve hayvancılık yöntemleri, doğal kaynakların aşırı kullanımına yol açarak su kaynaklarını tüketir, toprak erozyonunu artırır ve biyoçeşitliliği tehdit eder (Tilman vd., 2011). Ayrıca, kimyasal gübre ve pestisitlerin aşırı kullanımı, toprak ve su kirliliğine yol açar ve bu da sağlıklı ürünlerin ortaya çıkmasına neden olabilir (Baranski vd., 2014). Sürdürülebilir gıda üretimi, bu olumsuz etkileri en aza indirmeye amacı güder. Organik tarım, kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltarak toprak sağlığını korur ve zararlı çevresel etkileri en aza indirir (Reganold vd., 2001). Ayrıca, su kaynaklarını korur ve sürdürülebilir bir şekilde kullanır.

Sürdürülebilir gıda üretimi, yerel topluluklara ve küçük çiftçilere ekonomik fırsatlar sunar. Geleneksel tarımın aksine, sürdürülebilir tarım yöntemleri genellikle daha fazla emek gerektirir, bu da yerel istihdamın artmasına yardımcı olur. Aynı zamanda yerel ürünlerin üretimi ve tüketimi, uzun mesafeli taşımanın getirdiği enerji tüketimini azaltır ve yerel ekonomileri destekler (Martinez vd., 2010). Bunun da toplumsal eşitsizlikleri azaltma ve yerel toplulukları güçlendirme konusunda olumlu etki yapması beklenmektedir.

Sürdürülebilir gıda üretimi, sağlıklı ve dengeli beslenmeyi teşvik eder. Organik tarımın tercih edilmesi, kimyasal gübreler ve zararlı ilaçların azaltılması anlamına gelir, bu da daha sağlıklı ve besleyici ürünlerin üretilmesine olanak sağlar (Baranski vd., 2014). Ayrıca, sürdürülebilirlik ilkeleri, gıda üretimindeki katkı maddelerini ve işlenmiş gıdaları azaltarak daha sağlıklı bir diyetin teşvik edilmesine yardımcı olur.

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA ÜRETİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Dünya nüfusundaki artış eğilimine paralel olarak dünya genelinde gıda üretiminin önemi giderek artmaktadır. Ancak gıda üretimine verilen önemin artışı sadece yeterli gıda üretmekle sınırlı olmayıp aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği ve toplumların ihtiyaçlarını gözetmekle de ilgilidir.

Sürdürülebilir gıda üretimini etkileyen temel faktörlere değinmek gerekirse;

- **İklim Değişikliği ve Hava Koşulları:** İklim değişikliği, tarımı ve gıda üretimini ciddi şekilde etkilemektedir. Kuraklık, sel ve kasırgalar gibi doğal afetler, ürün verimini olumsuz etkileyebilir. Sürdürülebilir gıda üretimi için iklim değişikliğiyle uyumlu tarım yöntemleri ve su kaynaklarının etkin kullanımı önemlidir (Vermeulen, Campbell & Ingram, 2012).
- **Toprak Sağlığı:** Verimli topraklar, sağlıklı gıda üretimi için kritik öneme sahiptir. Aşırı toprak erozyonu, kimyasal gübrelerin yanlış kullanımı ve aşırı tarım gibi faktörler toprak sağlığını olumsuz etkileyebilir. Sürdürülebilir tarım uygulamaları, toprak sağlığını korumak ve iyileştirmek için gereklidir (Giller vd., 2015).
- **Su Kaynakları:** Su, gıda üretiminde temel bir unsurdur (Rockström vd., 2009). Ancak su kaynakları giderek azalmakta ve kirlenmektedir. Sürdürülebilir gıda üretimi için suyun etkili kullanımı, sulama yöntemlerinin iyileştirilmesi ve su kaynaklarının korunması gerekmektedir (Falkenmark ve Rockström, 2004).
- **Gıda Atıkları:** Gıda atıkları, sürdürülebilir gıda üretimini etkileyen önemli bir faktördür (Gustavsson vd., 2011). Üretim, işleme ve tüketim aşamalarında oluşan atıkların azaltılması ve geri dönüşümü, kaynakların daha verimli kullanılmasına katkı sağlar.
- **Enerji Kullanımı:** Gıda üretimi, enerji yoğun bir sektördür (Heller & Keoleian, 2003). Sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve enerji verimliliği, gıda üretimindeki çevresel etkiyi azaltabilir.
- **Sosyal Faktörler:** Sürdürülebilir gıda üretimi, çiftçilerin ve işçilerin yaşam koşullarını iyileştirmeyi ve adil ticaret uygulamalarını teşvik etmeyi içermelidir (McMichael vd., 2007). Aynı zamanda gıda erişimi ve güvencesi konularında da önemli çalışmalar yapılmalıdır.
- **Teknoloji ve İnovasyon:** Tarım sektöründe teknoloji ve inovasyon, sürdürülebilir gıda üretimini destekleyebilir (Pretty & Bharucha, 2014). Akıllı tarım uygulamaları, veri analitiği ve biyoteknoloji gibi gelişmeler, verimliliği artırabilir ve kaynakların daha etkili kullanılmasına yardımcı olabilir.
- **Biyoçeşitlilik:** Belirli bir bitki türünün bir bölgede çok yaygın olarak uzun yıllar boyunca yetiştirilmesi (monokültür) biyoçeşitliliği tehdit edebilir (Tilman vd., 2002). Farklı bitki türlerinin yetiştirilmesi ve yerel çeşitlerin korunması, gıda üretiminin daha sürdürülebilir hale gelmesine yardımcı olabilir (Altieri, 2002).

Bu bağlamda, gıda güvencesinin sağlanmasına yönelik olarak sürdürülebilir bir gıda sisteminin inşası için biyoçeşitliliğin oynadığı temel rolü anlamak hayati öneme sahiptir.

Sürdürülebilir gıda üretimi, çevresel, ekonomik ve sosyal faktörleri dengelemeyi gerektirir. Bu faktörlerin bir arada ele alınması, gelecek nesiller için sağlıklı ve erişilebilir gıda üretiminin temelini oluşturacaktır. Toplumlar, devletler, işletmeler ve bireyler, bu faktörleri dikkate alarak sürdürülebilir gıda üretimini teşvik etmek için birlikte çalışmalıdır.

Sürdürülebilir gıda üretimini sağlamada ana ilkeler ve stratejilere değinmek gerekirse;

- Organik tarım, sürdürülebilir gıda üretiminin temel taşlarından biridir. Kimyasal gübre ve pestisit kullanımının en aza indirildiği bu yöntem, toprak sağlığını korur, su kaynaklarını korur ve biyoçeşitliliği teşvik eder. Organik tarım aynı zamanda toprak verimliliğini artırarak uzun vadede daha sürdürülebilir bir üretim modeli sunar.
- Yerel ürünlerin üretimi ve tüketimi, sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Bu, uzun mesafeli taşımanın getirdiği enerji tüketimini azaltırken yerel ekonomilere katkıda bulunur (Martinez vd., 2010). Ayrıca, tüketicilerle yerel üreticiler arasında doğrudan bir bağlantı oluşturarak gıda güvenliğini artırır (Pirog vd., 2001).
- Gıda üretimi ve işleme süreçlerinde oluşan atıklar, çevresel sorunlara yol açabilir. Sürdürülebilir gıda üretimi, atıkları azaltmak ve geri dönüşümü teşvik etmek için önemli stratejiler içerir (Gustavsson vd., 2011). Gıda işleme tesislerinde atıkları en aza indirmek ve geri dönüşüme yönlendirmek, kaynakların daha verimli kullanılmasına yardımcı olur.
- Sürdürülebilir gıda üretimi, su ve enerji kullanımını verimli hale getirmeyi amaçlar. Su kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir bir şekilde kullanmak için sulama sistemlerinin verimliliğinin artırılması önemlidir. Ayrıca, enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanılması, hem çevresel hem de ekonomik açıdan faydalıdır.

4. BİYOÇEŞİTLİLİK KAVRAMI VE ÖNEMİ

Günümüzde, biyoçeşitlilik kavramı doğanın zengin ve karmaşık bir hazine olduğunu gösteren önemli bir kavramdır. Biyoçeşitlilik, bir ekosistemin içinde ve arasında bulunan canlı organizmaların genetik, tür ve ekosistem düzeyinde çeşitliliğini ifade eder (CBD, 1992). Bu organizmalar bitkiler, hayvanlar, mikroorganizmalar ve diğer yaşam formlarını içerir. Biyoçeşitlilik, ekoloji, biyoloji ve çevre bilimlerinde temel bir konsept olarak kabul edilir ve gezegenimizdeki yaşamın çeşitliliği ve zenginliği hakkında önemli bilgiler sunar.

Biyoçeşitliliğin önemi, sadece doğa meraklıları ve çevreciler için değil, aynı zamanda tüm insanlar için büyük bir etkiye sahiptir. Biyoçeşitliliğin öneminin gerekçelerini incelemek gerekirse;

- *Ekosistem İşlevleri:* Biyoçeşitlilik, ekosistemlerin sağlıklı bir şekilde işlemesini

sürdürmesine yardımcı olur. Farklı organizma türleri, besin zincirlerinin ve döngülerin dengesini korur. Örneğin, bir orman ekosistemi içindeki farklı bitki türleri, toprak erozyonunu önler ve su döngüsünü düzenler. Bu, su kaynaklarını korur ve sellerin önlenmesine yardımcı olur.

- **İlaç ve Gıda Kaynakları:** Biyoçeşitlilik, insanlar için hayati öneme sahip olan ilaçlar ve gıda kaynaklarının büyük bir kısmını sağlar. Birçok bitki türü, doğal olarak tıbbi bileşenler üretir ve bu, modern tıpta kullanılan birçok ilacın temelini oluşturur. Aynı zamanda meyve, sebze ve tahıl gibi gıda kaynaklarını da içerir (Srivastava vd., 1996).
- **Ekoturizm ve Eğitim:** Biyoçeşitlilik, turizm ve eğitim açısından büyük bir öneme sahiptir. Doğal alanlar, ekoturistler için cazip destinasyonlar oluşturur ve insanları doğal dünya hakkında bilinçlendirir. Bu tür aktiviteler ekonomik kalkınmaya katkıda bulunurken, aynı zamanda doğanın korunmasına da yardımcı olur (Buckley vd., 2003).
- **Tıp Araştırmaları:** Doğadaki organizmaların biyokimyasal bileşenleri, tıbbi araştırmalar için büyük öneme sahiptir. Örneğin, zehirli yılanların zehirlerinden tıbbi ilaçlar üretilebilir. Biyoçeşitlilik, yeni tedavi yöntemlerinin ve ilaçların keşfi için sonsuz bir potansiyel sunar (Coley, 1983).
- **Genetik Kaynaklar:** Biyoçeşitlilik, bitkiler ve hayvanlar arasında genetik çeşitliliği korur. Bu, yeni bitki çeşitleri ve hastalıklara karşı dayanıklı hayvan ırkları geliştirmek için kullanılabilir. Tarımın geleceği ve gıda güvenliği için bu genetik çeşitliliği korumak kritik önem taşır (Frankel, 1974).
- Biyoçeşitlilik dünya genelinde maalesef hızla azalmaktadır. Ağırlıklı olarak insan faaliyetlerine dayanan bu kayıpların ana nedenleri; habitat tahribatı; aşırı avlanma ve tüketim, iklim değişikliği kirlilik: biyolojik istilacılar şeklinde sıralanabilir.

5. BİYOÇEŞİTLİLİK: SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA ÜRETİMİNİN TEMELİ

Dünya nüfusu hızla artarken, sürdürülebilir gıda üretimi insanlığın en büyük zorluklarından biri haline gelmiştir. Gıda güvenliği ve erişimi, geleceğimiz için kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, biyoçeşitlilik kavramı sürdürülebilir gıda üretiminin temelini oluşturur.

Biyoçeşitlilik, bir ekosistemdeki canlı türlerinin çeşitliliğini ifade etmekte olup bitkiler, hayvanlar, mikroorganizmalar ve ekosistemler arasındaki zenginlik ve farklılığı içermektedir. Biyoçeşitlilik, sürdürülebilir gıda üretimi için hayati öneme sahip olup bu durumu gerekçelendirmek gerekirse;

- **Genetik Çeşitlilik:** Biyoçeşitlilik, tarımı yapılan bitkiler ve hayvanlar için genetik

çeşitliliği sağlar. Farklı genetik kaynaklar, daha dayanıklı ve verimli ürünlerin geliştirilmesine olanak tanır. Özellikle iklim değişikliği gibi tehditlerle başa çıkmak için genetik çeşitliliğe ihtiyaç vardır.

- *Zararlılar ve Hastalıkların Kontrolü:* Biyoçeşitlilik, doğal düşmanları içerir ve böcekler, patojenler ve hastalıklar gibi zararlı organizmaların kontrolünde etkili bir rol oynar. Bu, kimyasal pestisitlerin ve antibiyotiklerin kullanımını azaltarak çevresel etkileri en aza indirir ve gıdalardaki kalıntıları önler.
- *Ekosistem Hizmetleri:* Biyoçeşitlilik, ekosistemlerin sağladığı önemli hizmetlerin bir parçasıdır. Örneğin, toprak verimliliğini artırır, tozlaşmayı sağlar ve su döngüsünü düzenler. Bu, sağlıklı ve verimli tarım uygulamaları için gereklidir.
- *Gıda Çeşitliliği:* Biyoçeşitlilik, farklı gıda türlerinin ve çeşitlerinin bulunmasını destekler. Bu, beslenme çeşitliliğini artırır ve tek bir tür odaklı tarımın yol açtığı beslenme eksikliklerini önler.

Biyoçeşitliliği koruma, sürdürülebilir gıda üretiminin temelidir. Bu nedenle biyoçeşitliliği koruma için alınması gereken önemli adımlar:

Koruma Alanlarının Oluşturulması: Biyoçeşitliliği koruma alanları, endemik türleri ve ekosistemleri korumak için hayati öneme sahiptir. Bu alanlar, biyoçeşitliliği tahrip eden çevresel tehditlere karşı bir sığınak görevi görür.

Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları: Kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltarak, organik tarım ve agro-ekolojik yöntemler gibi sürdürülebilir tarım uygulamaları biyoçeşitliliği korur. Ayrıca, yerel çeşitlerin ve geleneksel tarım yöntemlerinin teşvik edilmesi önemlidir.

Eğitim ve Farkındalık: Toplumların biyoçeşitliliğin önemini anlamaları ve koruma çabalarına katkıda bulunmaları için eğitim ve farkındalık kampanyaları düzenlenmelidir. Bu, çiftçilerin ve tüketicilerin bilinçli kararlar almasına yardımcı olur.

Yasal Düzenlemeler: Biyoçeşitliliğin korunması için yerel, ulusal ve uluslararası düzeyde yasal düzenlemeler ve koruma politikaları oluşturulmalı ve uygulanmalıdır (UNEP, 2021). Bu, biyoçeşitliliği tehdit eden faaliyetleri kontrol altına alır.

6. SONUÇ

Biyoçeşitlilik, sürdürülebilir gıda üretiminin temelini oluşturan kritik bir unsurdur. Gelecekteki gıda güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik için biyoçeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir gıda üretiminin teşvik edilmesi, hepimizin sorumluluğundadır. Biyoçeşitliliğin önemi, gezegenimizin sağlıklı ve dengeli geleceği için vazgeçilmezdir. Biyoçeşitliliğin korunması, insanlığın bu önemli göreve odaklanarak ve işbirliği yaparak ele alması gereken bir önceliktir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akdoğan-Gedik, M. (2020). Küresel Kamusal Mal Olarak Gıda Güvencesi: OECD Ülkeleri İçin Bir Değerlendirme. *Sosyoekonomi*, 28(46), 187-210.
- Altieri, M. A. (2002). Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1-3), 1-24.
- Baranski, M., Srednicka-Tober, D., Volakakis, N., Seal, C., Sanderson, R., Stewart, G. B., ... & Leifert, C. (2014). Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition*, 112(5), 794-811.
- Buckley, R., Pickering, C., & Weaver, D. B. (Eds.). (2003). Nature-based tourism, environment and land management. *Cabi Publishing*.
- Coley, P. D. (1983). Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest. *Ecological monographs*, 53(2), 209-234.
- Convention on Biological Diversity (CBD). (1992). Convention on Biological Diversity. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf> (10.09.2023).
- Falkenmark, M., & Rockström, J. (2004). Balancing water for humans and nature: The new approach in ecohydrology. *Earthscan*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2018). The Future of Food and Agriculture – Alternative Pathways to 2050. <https://www.fao.org/global-perspectives-studies/resources/detail/en/c/1157074/> (10.09.2023).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2019). Dünyada Gıda Güvenliği ve Beslenme Durumu, <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/2af8b237-09dc-47c7-b53e-393d52ba87ba/download> (10.09.2023).
- Frankel, O. H. (1974). Genetic Conservation: Our Evolutionary Responsibility. *Genetics*, 78(1), 53-65.
- Giller, K. E., Witter, E., Corbeels, M., & Tittonell, P. (2009). Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. *Field Crops Research*, 114(1), 23-34.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global food losses and food waste: Extent causes and prevention; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy, 2011. Extent of food losses and waste, 4-10.
- Heller, M. C., & Keoleian, G. A. (2003). Life cycle-based sustainability indicators for assessment of the US food system. University of Michigan Center for Sustainable Systems.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Sixth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (10.09.2023).
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). (2019). Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. <https://ipbes.net/global-assessment> (10.09.2023).

- Koca, R., & Somuncu, M. (2021). Gıda güvencesi konusunda Türkiye için bir değerlendirme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 8(2), 1-11.
- Martinez, S., Hand, M., Da Pra, M., Pollack, S., Ralston, K., Smith, T., ... & Newman, C. (2010). Local food systems: Concepts, impacts, and issues. USDA Economic Research Service, Economic Research Report Number 97.
- McMichael, P., Friel, S., Nyong, A., & Corvalan, C. (2007). Global environmental change and health: Impacts, inequalities, and the health sector. *BMJ*, 336(7637), 191-194.
- Niyaz, Ö. C., & İnan, İ. H. (2016). Türkiye’de gıda güvencesinin mevcut durumunun değerlendirilmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 1-7.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2020). Sustainable Development Goals. <https://www.oecd.org/dac/sustainable-development-goals.htm> (10.09.2023).
- Pirog, R., Van Pelt, T., Enshayan, K., & Cook, E. (2001). Food, fuel, and freeways: An Iowa perspective on how far food travels, fuel usage, and greenhouse gas emissions. Leopold Center for Sustainable Agriculture, Iowa State University, Ames.
- Pretty, J., & Bharucha, Z. P. (2014). Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany*, 114(8), 1571-1596.
- Reganold, J. P., Glover, J. D., Andrews, P. K., & Hinman, H. R. (2001). Sustainability of three apple production systems. *Nature*, 410(6831), 926-930.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., ... & Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2).
- Smith, P., Haberl, H., Popp, A., Erb, K. H., Lauk, C., Harper, R., ... & Rose, S. (2013). How much land-based greenhouse gas mitigation can be achieved without compromising food security and environmental goals?. *Global change biology*, 19(8), 2285-2302.
- Srivastava, J., Lambert, J., & Vietmeyer, N. (1996). Medicinal plants: An expanding role in development (Vol. 320). World Bank Publications.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260-20264.
- Tilman, D., et al. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.
- UNEP. (2021). Global Biodiversity Outlook 5. United Nations Environment Programme.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2019). Trade and Environment Review 2019: Climate Change, Trade and Sustainable Energy - Key Issues for Sustainable Development.

- United Nations Development Programme (UNDP). (2015). Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/goals> (10.09.2023)
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2021). World Water Development Report 2021: Valuing Water. <https://www.unesco.org/reports/wwdr/2021/en> (10.09.2023).
- Vermeulen, S. J., Campbell, B. M., & Ingram, J. S. (2012). Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 195-222.
- World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). Our Common Future. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (10.09.2023).

Yazarlar Hakkında / About Authors

Prof. Dr. Hamit KÖKSEL | İstinye Üniversitesi |
hamit.koksel[at]istinye.edu.tr | ORCID:0000-0003-4150-2413

Hamit Köksel, halen İstinye Üniversitesi'nde Beslenme ve Diyetetik Bölümü'nde Profesör olarak görev yapmaktadır. Son araştırmaları, ekstrüzyon, ekmek-makarna üretimi gibi tahıl teknolojileri, dirençli nişastalar, diyet lifleri gibi biyopolimerler ve tahılların biyo-fortifikasyonu üzerine odaklanmıştır. Birçok ülkedeki hububat sanayicileri ve araştırmacılarla aktif işbirliği yapmaktadır. Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanmış 160'dan fazla makalesi ve birçok kitap bölümü bulunmaktadır. Michigan Eyalet Üniversitesi, Manitoba Üniversitesi ve Kongju Ulusal Üniversitesi (Kore), Omsk Devlet Tarım Üniversitesi (Rusya) gibi birçok üniversite ile ortak araştırmalarını sürdürmektedir. Birçok uluslararası derginin Yayın Kurulu üyesi olarak görev yapmaktadır ve Avrupa Gıda Kimyası Topluluğu Ulusal Delegatesidir. 2017-2018 yılları arasında merkezi Viyana'da olan ICC'nin (International Association for Cereal Science & Technology) başkanlığını yapmıştır ve 2021 yılından itibaren ICC Akademi Başkanlığı görevini yürütmektedir. Alanındaki katkıları nedeniyle, Hacettepe Üniversitesi'nden Bilim Ödülü, Topluma Katkı Ödülü, Ziraat Mühendisleri Odası Bilim Ödülü, Harald Perten Ödülü ve ICC'nin prestijli ödülü Friedrich Schweitzer Madalyası da dâhil olmak üzere ulusal/uluslararası birçok ödül almıştır.

Prof. Dr. Hamit KÖKSEL | İstinye University |
hamit.koksel[at]istinye.edu.tr | ORCID:0000-0003-4150-2413

Hamit Köksel is currently working as a Professor in the Department of Nutrition and Dietetics at Istinye University. His recent research focuses on grain technologies such as extrusion, bread-pasta production, biopolymers such as resistant starches, dietary fibers, and biofortification of grains. It actively cooperates with grain industry and researchers in many countries. He has more than 160 articles published in international peer-reviewed journals and many book chapters. He carries out joint research with many universities including Michigan State University, University of Manitoba, Kongju National University (Korea), and Omsk State Agricultural University (Russia). He serves as Editorial Board Member of several international journals and is a National Delegate of European Society for Food Chemistry. He served as the president of ICC (International Association for Cereal Science & Technology, headquartered in Vienna) in 2017-2018, and has been serving as the President of ICC Academy since 2021. For his contributions in his field, he received many national/international awards, including the Science Award and Contribution to Society Award from Hacettepe University, Chamber of Agricultural Engineers Science Award, the Harald Perten Award and the ICC's prestigious award, the Friedrich Schweitzer Medal.

Dr. Oğuz ACAR | T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü | [oguz.acar\[at\]tarimorman.gov.tr](mailto:oguz.acar[at]tarimorman.gov.tr) | ORCID:0000-0003-2686-1530

Oğuz Acar, 1980 yılında Konya’da doğdu. 2003 yılında Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 2012 yılında “Baklava Kalite Karakteristiklerinin ve Bazı Buğday Çeşitlerinden Elde Edilen Unların Baklava Üretimine Uygunluğunun Araştırılması” isimli yüksek lisans tezini, 2020 yılında ise “Biyofortifikasyonun Arpa, Yulaf ve Öğütme Fraksiyonlarında Bazı Mineraller ve Fonksiyonel Bileşenler Üzerine Etkisinin Araştırılması” isimli doktora tezini tamamladı. Mesleki eğitim kapsamında 2013 yılında “Gıda ve Yemde Mineral Madde Analizi” konusunda Rothamsted Araştırma Kuruluşu’nda (İngiltere) 2 ay, 2018 yılında ise “Kavuzsuz Arpa ve Kavuzsuz Yulaftan İnsan Sağlığına Faydalı Fonksiyonel Bileşen Eldesi” konusunda Kanada Tahıl Komisyonu, Tahıl Araştırmaları Laboratuvarı’nda (Kanada) 5 ay süreyle bulundu. Biyofortifikasyon, fonksiyonel bileşenler, öğütme ve tahıl kalitesi üzerine çalışmalar yürüttü; ulusal ve uluslararası dergilerde hakem olarak görev yaptı. Ayrıca “Hububat Bilimi ve Teknolojisi” isimli kitapta yardımcı editör ve bölüm yazarı olarak yer aldı. Oğuz Acar, halen Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Kalite ve Teknoloji Bölümü’nde araştırmacı olarak meslek hayatına devam etmektedir.

Oğuz ACAR | Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry, Field Crops Central Research Institute | [oguz.acar\[at\]tarimorman.gov.tr](mailto:oguz.acar[at]tarimorman.gov.tr) | ORCID:0000-0003-2686-1530

Oğuz Acar was born in Konya in 1980. He graduated from Hacettepe University, Department of Food Engineering in 2003. In 2012, he completed his master’s thesis titled “An Investigation on Baklava Quality Characteristics and Suitability of Flours Obtained from Various Wheat Cultivars for Baklava Production”, and in 2020 he completed his doctoral thesis titled “An Investigation on the Effects of Biofortification on Minerals and Functional Constituents of Barley, Oats and Milling Fractions”. Within the scope of vocational training, he has been at Rothamsted Research (United Kingdom) for 2 months on “Mineral Analysis on Food and Feed” in 2013 and he has also been at the Canadian Grain Commission, Grain Research Laboratory (Canada) for 5 months on “Obtaining Functional Components from Naked Barley and Oats Useful for Human Health” in 2018. He conducted studies on biofortification, functional ingredients, milling and grain quality; he served as a referee in national and international journals. He also took part in the book “Cereal Science and Technology” as an assistant editor and chapter writer. Oğuz Acar currently continues his career as a researcher at the Field Crops Central Research Institute, Quality and Technology Department.



BİYOÇEŞİTLİLİK KAVRAMI EKSENİNDE GELENEKSEL VE EKOLOJİK TARIM

CONVENTIONAL AND ECOLOGICAL AGRICULTURE ON THE AXIS OF BIODIVERSITY CONCEPT

Ramazan ÇAKMAKÇI

BİYOÇEŞİTLİLİK KAVRAMI EKSENİNDE GELENEKSEL VE EKOLOJİK TARIM

Ramazan ÇAKMAKÇI

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Özet

Biy çeşitlilik, tarımın temelidir ve belirli bir çevredeki canlı organizmaların sayısını, çeşitliliğini ve değişkenliğini, türler arası ve ekosistemler arasındaki çeşitliliği ifade eder. Topraktaki biyolojik çeşitlilik toprak sağlığının önemli bir göstergesidir ve ekosistemlerin stabilitesinin ve üretkenliğinin artmasına katkıda bulunur. Tarımsal uygulamalar biyolojik çeşitlilik üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Tarım, verimliliği korumak, artırmak veya varlığını sürdürebilmek için biyoçeşitliliğe bağlı olduğu gibi, sentetik kimyasallara bağımlı olması ve monokültürleri desteklemesi nedeniyle de biyolojik çeşitlilik için bir tehdit oluşturmaktadır. Ekolojik tarım yöntemleri ekosistem hizmetlerini geliştirebilir ve özellikle bitkisel çeşitlilik açısından tarımsal alanlardaki biyolojik çeşitliliği teşvik edebilir. Agroekolojik yönetim toprak verimliliğini etkili bir şekilde iyileştirmekte ve toprak biyolojik çeşitliliğini arttırmaktadır. Bitkisel verimin güvence altına alınması biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir yönetimi ile sağlanabilir. Bu tarım sistemleri daha yüksek genel tür zenginliği ile karakterize edilmekte, tarımsal ekosistem fonksiyonlarını arttırmakta, flora ve fauna bakımından monokültür ve konvansiyonel sistemlerden farklılık göstermekte, daha yüksek biyolojik çeşitlilik ve geliştirilmiş ekosistem işlevleriyle faydalı olmaktadır. Gıda ve beslenme güvenliğini koruyan biyolojik çeşitliliğe sahip ve dayanıklı ekosistemlerin restorasyonu gereklidir. Tarım arazilerinde yerli biyoçeşitliliğin yeri olmadığı yönündeki uygulama ve öneriler terkedilmeli ve onun çiftlik varlığının temel bileşeni olduğu, dolayısıyla ekosistem yaklaşımı dikkate alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler

Biy çeşitlilik, Çeşitlendirilmiş tarım sistemleri, Biyoçeşitlilik esaslı bitkisel sistemler, Ekolojik yoğunlaşma, Agroekoloji, Biyolojik çeşitliliğin korunması, Ekolojik tarım

CONVENTIONAL AND ECOLOGICAL AGRICULTURE ON THE AXIS OF BIODIVERSITY CONCEPT

Ramazan ÇAKMAKÇI

Çanakkale Onsekiz Mart University

Abstract

Biodiversity is the basis of agriculture and refers to the number, variety and variability of living organisms in a given environment, diversity within species and between ecosystems. Soil biodiversity is an important indicator of soil health and contributes to increased stability and productivity of ecosystems. Agricultural management practices have a major impact on biodiversity. While agriculture depends on biodiversity to maintain, enhance productivity or sustain its existence, also poses a threat to biodiversity due to its dependence on synthetic chemicals in its application and because it supports monocultures. By adopting ecological farming methods, we can improve ecosystem services and promote biodiversity in agricultural areas, especially in terms of plant diversity. Agroecological management effectively improves soil fertility and increases soil biodiversity. Securing crop yield could be achieved through sustainable management of biodiversity and ecosystem services. These agricultural systems are characterized by higher overall species richness, increase agricultural ecosystem functions, differ from monoculture and conventional systems in terms of flora and fauna, are beneficial with higher biodiversity and improved ecosystem functions. Requires the restoration of biodiverse and resilient ecosystems that protect food and nutritional security. Practices and suggestions that indigenous biodiversity has no place in agricultural lands should be abandoned and the ecosystem approach should be taken into consideration, as it is the fundamental component of farm existence.

Keywords

Biodiversity, Diversified agricultural systems, Biodiversity-based cropping systems, Ecological intensification, Agroecology, Biodiversity conservation, Ecological agriculture

1. GİRİŞ

Biyoçeşitlilik yeryüzündeki yaşamın çeşitliliği, yerli biyoçeşitlilik çiftlik varlığının temel bir bileşeni veya ekosistem servisi olarak tanımlanabilmektedir. Biyoçeşitlilik türlerin kendi içindeki, türler ve ekosistemlerdeki çeşitlilik de dahil olmak üzere canlı organizmalar arası değişkenlik olarak tanımlanabilir. Biyoçeşitlilik, belirli bir çevredeki canlı organizmaların sayısını, çeşitliliğini ve değişkenliğini ifade eder ve tür içi, türler arası ve ekosistemler arasındaki çeşitliliği ve çiftliğin kendi yönetim stratejisini içerir. Biyoçeşitlilik tarımın temelidir ve bütün bitki türlerinin ve evcilleştirilmiş hayvanların ve bunların içindeki çeşitliliğin kökenidir. Biyoçeşitlilik, bitki, flora, toprak üstü ve altı fauna ve habitat çeşitliliğini de kapsamaktadır. Biyoçeşitlilik gıda üretiminin sürdürülebilirliğini sağlayan önemli ekosistem hizmetleri bakımından hayati öneme sahiptir ve aynı zamanda sağlıklı ve işleyen bir toprağın anahtarıdır. Biyoçeşitliliğin kullanımı çiftlik sistemlerinin dayanıklı ve üretken olmasını sağlamakta ve korunması sürdürülebilirliğin temel hedeflerinden biri olmaktadır. Fonksiyonel biyoçeşitlilik, biyolojik zararlı kontrolü, tozlaşma ve besin döngüsü gibi tarıma yönelik temel ekosistem hizmetlerini üretir. Biyolojik toplulukların ve bitki türlerinin zenginliği ve çeşitliliği kaynak kullanım etkinliğini artırmakta, ekosistemlerin fonksiyonu ve istikrarı için önemli olmaktadır (Renard & Tilman, 2019). Tarımsal sistemlerde doğrudan veya dolaylı olarak kullanılan hayvan, bitki ve mikroorganizmaların çeşitliliği olarak kabul edilen tarımsal biyoçeşitlilik, beslenme kaynağı olduğu kadar tarım sistemlerinin üretkenliği ve istikrarı ile ilgili gıda güvenliği ve egemenliği açısından da çok önemlidir (Figuerola-Helland vd., 2018; Tamburini vd., 2020; Spirito vd., 2022). Tarımsal çeşitlilik ürün sistemlerine fonksiyonel biyolojik çeşitliliğin kasıtlı olarak eklenmesidir. Tarımsal faaliyetler sıklıkla biyolojik çeşitliliğin faydalarından yararlanırken, tarımın yoğunlaşması dünya çapında biyolojik çeşitliliğe yönelik ana tehditlerden biridir (Kelemen vd., 2013).

Tarım aynı zamanda biyolojik çeşitlilik kaybının ana etkenlerinden biridir ve arazi kullanımı ve arazi kullanımı değişikliği nedeniyle üretimin genişlemesi ve yoğunlaşması yoluyla doğayı ve yaban hayatını tehdit etmektedir. Kentleşme ve arazi kullanımının yoğunlaşması tarım ve gıda sistemlerinde, toprak organik maddesini ve biyolojik çeşitliliğini tehdit etmekte ve kaybına yol açmaktadır (Zimmerer vd., 2019). Tarımsal genişleme ve yoğunlaşma, dünya çapında habitat ve biyolojik çeşitlilik kaybının, toprak ve tatlı su bozulmasının, çevre kirliliğinin ve sera gazı emisyonlarının ana etkenleri olarak kabul edilmektedir (Tamburini vd., 2020).

Geleneksel yoğun tarım, topraktaki biyolojik çeşitlilik-işlev ilişkileri ve tarımsal ekosistemlerin üretkenliği üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır ve bunların bozulmasına ve kaybolmasına yol açtığı bilinmektedir. Bu tür kayıpların tarımın terk edilmesinden yıllar sonra düzelmediği vurgulanmıştır (Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES, 2019; Buzhdygan & Petermann,

2023). İnsan kaynaklı olumsuzluklar ve konvansiyonel yoğunlaşma doğanın insan refahına yaptığı katkıları tehdit etmekte, biyolojik çeşitliliği ve ekosistem fonksiyonlarını bozmakta, dolayısıyla tarımın üzerine inşa edildiği doğal temelleri baltalamaktadır (Vanbergen vd., 2020). Yer yüzünün yaklaşık yarısının tarım ve hayvancılık için kullanımı biyolojik çeşitlilik üzerinde baskı oluşturmakta, ekosistemlerin değiştirilmesi ve bozulması, küresel biyoeeitlilik yok oluşu ve biyotik homojenleşme artmaktadır (IPBES, 2019; Vanbergen vd., 2020). Küresel olarak karasal biyolojik çeşitlilikte öngörülen kaybın yaklaşık %70'inin tarım sistemleriyle ilgili olduğu bildirilmiştir (Garibaldi vd., 2017). Özellikle fazla N ve kimyasal kullanan konvansiyonel tarım yöntemleri, yerel biyoeeitliliği bozmakta, toprak biyolojik çeşitliliğini azaltmakta ve toprak kalitesini düşürmektedir (Yang vd., 2019; Ma vd., 2021; Dominici vd., 2022). Arazi kullanımının ve yönetiminin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem işlevlerini güçlü bir şekilde etkilediği, insan nüfusuna kaynak sağlarken iklim değişikliği ve biyoeeitlilik krizlerine uyum sağlamak ve bunları hafifletmenin insanlığın karşılaştığı temel zorluklardan biri olduğu vurgulanmıştır (Buzhdygan & Petermann, 2023). Arazi kullanımı ekosistemleri büyük ölçüde bozmuş, biyolojik çeşitlilik kayıplarına yol açmış olup ekosistem hizmetlerinin aksamasına yol açmaktadır (Santos vd., 2019).

Doğal yaşam alanlarının yoğun arazi kullanımına dönüştürülmesi, parçalanmaya ve biyolojik çeşitliliğin kaybolmasına neden olmuştur (Chowdhury vd., 2021). Biyoeeitliliğin benzeri görülmemiş bir oranda kaybolmaya devam ettiği ve korunmasını kritik hale getirdiği vurgulanmıştır (Sandbrook vd., 2019). Modern tarım sistemleri toprak verimliliği için gerekli ekosistem hizmetlerini üreten biyolojik etkileşimleri bozmakta veya yok etmektedir. Tarım alanlarında geleneksel yoğunlaşma ve pestisit kullanımı peyzaj değişimi ve doğal tozlayıcı türlerin çeşitliliği ve bolluğunda kayıplara ve dolayısıyla verim kaybı riskine yol açmaktadır.

Geleneksel tarım sistemlerine kıyasla, düşük yoğunluklu ekolojik tarım türler için daha fazla yaşam alanı sağlamakta, biyolojik ve peyzaj çeşitliliğini önemli ölçüde arttırmakta ve biyolojik çeşitliliğin korunmasında önemli rol oynamakta ve daha yüksek düzeyde genetik, tür ve habitat çeşitliliğini desteklemektedir. Yüksek biyolojik çeşitlilik düzeyleri genellikle modern yetiştirme tekniklerinden olumsuz yönde etkilenmekte (Luo vd., 2014) ve biyoeeitlilik kaybı, besin yıkanması ve sera gazı emisyonları ile yeterli gıda üretimi sürdürülebilir tarımın temel zorluğu olarak öne çıkmaktadır (Schrama vd., 2018). Tarım, biyolojik çeşitlilik kaybının ve ekosistem bozulmasının önemli bir nedeni olmakla birlikte, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınmaya geçişe yardımcı olmak için bu zorluklara potansiyel çözümler de sunmaktadır (Vanbergen vd., 2020). Ancak, mevcut tarımın iklim değişikliği, çevre kirliliği, gıda güvenliği, fosil enerjiye bağımlılık, doğal kaynakların ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi sorunlara çözüm bulmakta yetersiz olduğu düşünülmektedir (Rosati vd., 2021). Kimyasal girdilere, monokültürlere ve homojenleşmeye dayanan tarımsal yoğunlaşma modeli, verimi artırmakta ancak ciddi tür zenginliği, biyolojik çeşitlik

ve ekosistem hizmetleri kaybına neden olmaktadır (Beckmann vd., 2019; Tschardtke vd., 2021). Daha az yoğun olarak yönetilen ve daha fazla çeşitliliğe sahip çiftliklerin, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir zararlı yönetimi için daha uygun olabileceği (Togni vd., 2019) ve organikte olduğu gibi konvansiyonel sistemlerde de gerekli önlemler alınırsa biyoçeşitliliğin korunabileceği vurgulanmıştır (Tschardtke vd., 2021).

Bu derleme, tarımın biyoçeşitlilik üzerindeki etkilerini ve bu etkilerin tarımsal sürdürülebilirlik üzerindeki önemi başta olmak üzere, biyoçeşitlilik kaybının önlenmesi, biyoçeşitliliğin teşvik edilmesi ve tarımsal sürdürülebilirlik bakımından konvansiyonel tarıma alternatif veya destekleyici olabilecek alternatif tarım model ve yönetim yaklaşımları ve çeşitlendirilmiş tarım sistemlerinin incelenmesini amaçlamaktadır. Çalışmada tarımsal uygulamaların biyoçeşitlilik üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini anlamak, sürdürülebilir tarım için potansiyel çözümler ve politika önerileri sunulmaktadır. Bu derlemenin, tarım sektöründe biyoçeşitliliğin korunması ve sürdürülebilirliğin artırılması için bir çerçeve sağlayacağı umulmaktadır.

2. BİYOÇEŞİTLİLİK EKSENİNDE GELENEKSEL TARIMA ALTERNATİF MODEL VE YÖNETİM YAKLAŞIMLARI

2.1. Biyoçeşitliliğin Korunması

Biyoçeşitliliğin korunmasına yönelik motivasyon ve yaklaşımlar tarihsel olarak değişiklik göstermiş (Mace, 2014) ve değişmeye devam etmektedir (Büscher & Fletcher, 2019; Sandbrook vd., 2019). Tarımsal üretim ile biyolojik çeşitliliğin korunmasının uzlaştırılması giderek önem kazanmaktadır. Tarımın faydalı biyolojik çeşitlilik ve ekosistem süreçlerine olan bağımlılığı ve sosyo-kültürel ve endüstriyel uygulamaların ekosistemin bozulmasının ve biyolojik çeşitliliğin yok olmasının başlıca nedeni olduğu gerçeği yeni bir tarımsal reformu zorunlu kılmaktadır (Vanbergen vd., 2020). Tarımsal yoğunlaşma ekosistemleri güçlü bir şekilde etkilemekte ve küresel değişim sürecini hızlandırmakta olduğundan agroekolojik uygulamalarla birlikte giderek tarım sistemlerinin performansını biyolojik çeşitlilik veya ekosistem hizmetlerindeki değişikliklerle ölçülmesi yaklaşımı benimsenmektedir. Günümüzde konvansiyonel tarıma alternatif, doğaya veya teknolojiye bağımlılıkları ve toprağın kullanım veya korunma derecesine göre değişen, birçok tarım sistemi geliştirilmiştir. Yaban hayatı habitatlarının ve biyolojik çeşitlilik kaybının, kaynak kirliliğinin artması ve doğal kaynakların bozulmasının önlenmesi ve sürdürülebilir tarım için önerilen entegre tarım sistemleri arasında, organik tarım, biyo-dinamik tarım, permakültür, çoklu kültür, sürümsüz tarım, kentsel ve kent çevresi tarım, doğal tarım, ekotarım, entegre tarım sistemi önemlidir (Şekil 1).



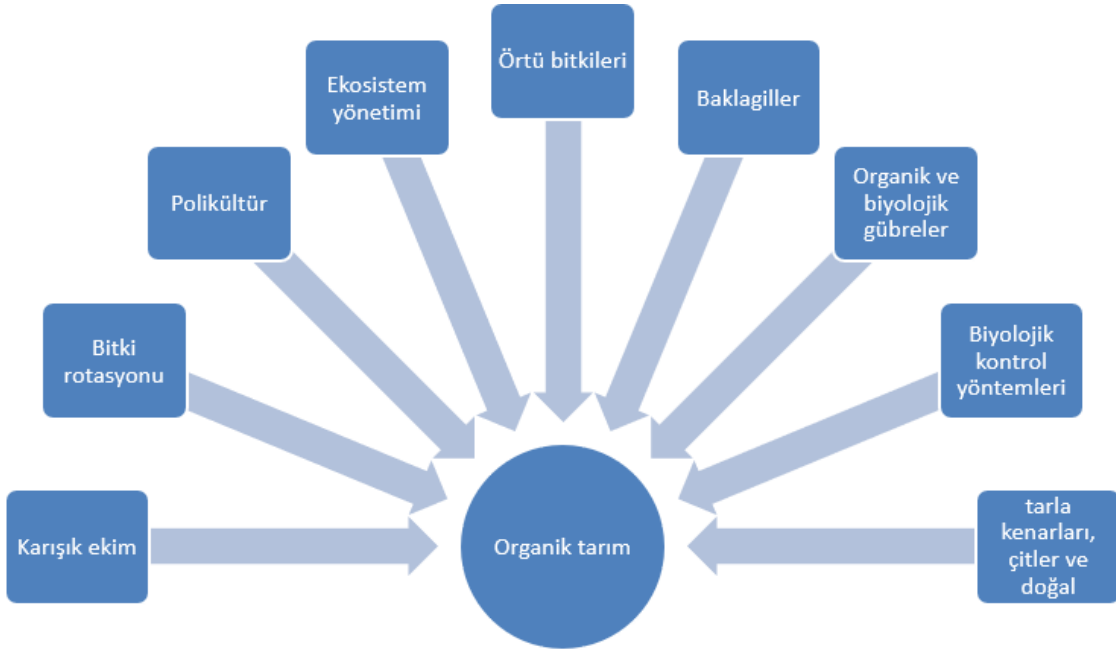
Şekil 1. Yaban hayatı habitatlarının ve biyolojik çeşitlilik kaybının önlenmesi ve sürdürülebilir tarım için önerilen bazı alternatif tarım sistemleri.

Geleneksel yoğun tarımın çevresel etkileri nedeniyle, gıda güvenliğini sağlayan ve biyçeşitliliğin sağladığı ekosistem hizmetlerini geliştiren alternatif yaklaşımlar giderek önem kazanmaktadır (Garibaldi vd., 2017). Biyçeşitlilik kaybı ve gıda güvensizliği sorunları, daha sürdürülebilir arazi kullanım politikalarının geliştirilmesini zorunlu hale getirmektedir.

2.2. Organik Tarım

Organik tarım, toprağın organik maddesini, biyokimyasal ve ekolojik özelliklerini, tarımsal ekosistem sağlığını, biyolojik çeşitliliği, doğal biyolojik döngüleri, toprağın biyolojik aktivitesini ve mikrobiyal zenginliğini teşvik ederek destekleyen ve geliştiren agroekolojik bir üretim tekniğidir (Çakmakçı & Çakmakçı, 2023). Bu sistem, ürün rotasyonu, polikültür,

karışık ekim, ekosistem yönetimi, örtü bitkileri, baklagiller, organik ve biyolojik gübreler, mekanik ekim ve biyolojik kontrol yöntemleri gibi sistemlere dayanmaktadır (Çakmakçı & Çakmakçı, 2023). Organik tarım; yeşil gübreleme, biyolojik gübreler, ürün rotasyonu, örtü bitkileri ve toprak sağlığı yönetimi uygulamalarıyla biyoçeşitliliği, biyolojik döngüleri ve toprağın biyolojik aktivitesini teşvik etmekte ve geliştirmektedir (Şekil 2). Bu sistem peyzaj ölçeğinde habitat heterojenliğini ve biyolojik çeşitliliği artırabilmektedir.



Şekil 2. Organik tarımda biyolojik çeşitliliği teşvik edici bazı uygulamalar.

Araştırmalar, konvansiyonel tarımın genellikle toprağın biyolojik çeşitliliğini azaltarak ve edafik süreçleri değiştirerek tarımsal ekosistemlerde uzun vadeli olumsuz etkilere neden olurken; organik uygulamaların toprak sağlığını, faunanın çeşitliliğini ve bolluğunu teşvik ettiği, genel olarak hem flora hem de fauna açısından daha yüksek düzeyde biyolojik çeşitlilik ile ilişkili olduğu (Gabriel vd., 2010; Hyvönen, 2007; Hawesa vd., 2010; Castro vd., 2019; Larsen & Noack, 2021; Boeraeve vd., 2022; Jiang vd., 2022) ve tarla ölçeğinde biyoçeşitliliğin korunmasına fayda sağladığını ortaya koymuştur (Tuck vd., 2014; FAO, 2018). İlaveten, biyolojik çeşitliliği, fonksiyonel tarımsal biyoçeşitliliği ve ekosistem hizmetlerini geliştirmek için korumalı ve organik tarım birlikte uygulamasının başarılı olduğu vurgulanmıştır (Boeraeve vd., 2022). Organik tarım, habitatlardaki daha fazla değişkenlik ve yaban hayatı dostu yönetim uygulamaları nedeniyle, geleneksel muadillerine göre biyoçeşitliliğin korunmasına yardımcı olmakta ve genellikle daha yüksek bir biyolojik çeşitlilik sağlamaktadır.

Birçok alışma organik tarımın biyolojik çeşitliliği arttırdığını ve çevresel etkileri azalttığını ancak verimliliğin dūřmesine neden olduğunu gōstermiřtir (Seufert & Ramankutty, 2017; Knapp & van der Heijden, 2018). Organik olarak yōnetilen alanlarda daha fazla mikrobiyolojik zenginlik ve biyolojik çeşitlilik bulunabilir. Konvansiyonel sistemlere gōre, organik tarım sistemleri uygun şekilde yōnetildięinde daha bōyōk bir flora ve fauna biyolojik çeşitliliğini barındırdığı ve artırabildiği gōsterilmiřtir (Gomiero vd., 2011). Araştırmalar geleneksel çiftliklerle karşılaştırıldığında organikte biyolojik çeşitlilikte %30'luk bir artış olduğunu gōstermiřtir (Tuck vd., 2014). Organik ūretimin evre dostu yōnetim uygulamaları ve doğal sūrelerden yararlanması nedeniyle doğal kaynak zenginliğini iyileştirdiği ve biyolojik çeşitliliği ōnemli ۆlōde desteklediği vurgulanmıştır (Piotrowska & Boruszko, 2022).

Doęu ve Batı Almanya organik ve konvansiyonel olarak yōnetilen çiftliklerde, organik yōnetimin, konvansiyonelden %44 daha fazla tūr zenginlięine yol açtıęı, ayrıca tūr zenginlięinin batıdaki kōōk ۆlekli sistemlerde daha yōksek olduęu bulunmuřtur (Batáry vd., 2017). Bu arařtırmalar, kōōk tarla yolları, tarla kenarları, çitler ve her tūrli doęal habitatın kaldırılıp homojenleřtirilerek bōyōk tarlalara dōnūřtōrōlen Doęu Almanya'da daha dūřōk olduęu gōsterilmiřtir. Organik tarım yōntemlerinin ekosistem hizmetlerini geliřtirebildięi ve ۆzellikle kuř çeřitlilięi açısından baędaki biyolojik çeřitlilięin teřvik edildięi ve korunabildięi bildirilmiřtir (Belkhiri vd., 2023). Çok sayıda çalıřma tozlařma, zararlı yōnetimi, su tasarrufu dahil olmak ūzere ekosistem hizmetlerinin geliřtirilmesi ve biyolojik çeřitlilięin arttırılması için ūzōm baęlarında organik tarımın ۆnemini vurgulamıřtır (Daane vd., 2018; Wheeler & Marning, 2019). Őrōmcekler, yusufçuklar ve kız bōcekleri gibi avcı predatōr popōlasyonunun organik eltik yetiřtiricilięi alanlarında konvansiyonel alanlara gōre ōnemli ۆlōde daha yōksek olduęu ve eltik tarlalarında zararlı yōnetimi için doęal dūřmanların korunması gerektięi vurgulanmıřtır (Sharma vd., 2020).

Organik tarım sistemlerinin tozlaşmayı, biyolojik çeşitliliği ve habitat çeşitliliğini geliştirdiği (Garbach vd., 2016), biyolojik çeşitliliği artırıp ve genetik biyolojik çeşitliliği iyileştirilmesine katkı yaptığı (Attia vd., 2023), toprakların organizma popōlasyon dinamiklerini dengelediği, biyotik ve abiyotik ۆzelliklerinde daha fazla mekānsal stabiliteye yol açtığı (Schrama vd., 2018), *predatōr* biyoeeşitliliğini artırabildiği (Zhao vd., 2019), tūr zenginliği, fauna biyoeeşitliliği ve tarımsal ekosistemin dayanıklılığını arttırdığı (Reganold & Wachter, 2016), ūst toprağın bakteri çeşitliliğini ve kalitesini teşvik ettiği (akmakı, 2019), topraktaki mikrobiyal çeşitliliği etkileyebilir, zenginliği ve aktiviteyi artırabildiği ve mikrobiyal topluluk kompozisyonu değiştirebildiği (Lori vd., 2017; Smith vd., 2020; Ostandie vd., 2021), toprak mantar topluluklarının çeşitlilik, bileşim ve işlevselliğini teşvik ettiği (Garnica vd., 2020), arbuskōler mikoriza mantarlar (AMF) eřitlilięini desteklediği (Caccia vd., 2023), Akdeniz bōlgesinde ۆzellikle uzun ۆmōrlō tōrlere sahip solucan popōlasyonlarına faydalı olduğu, tūr zenginliğini ve biyolojik çeşitliliğini artırabildiği (Castro vd., 2019) ve daha yōksek ekolojik performansa sahip olduğu (Couthouis vd., 2023) vurgulanmıştır. Organik tarımın tūr zenginliği, fonksiyonel çeşitlilik, tozlaştırıcı, geniş bir takson yelpazesi ve doğal

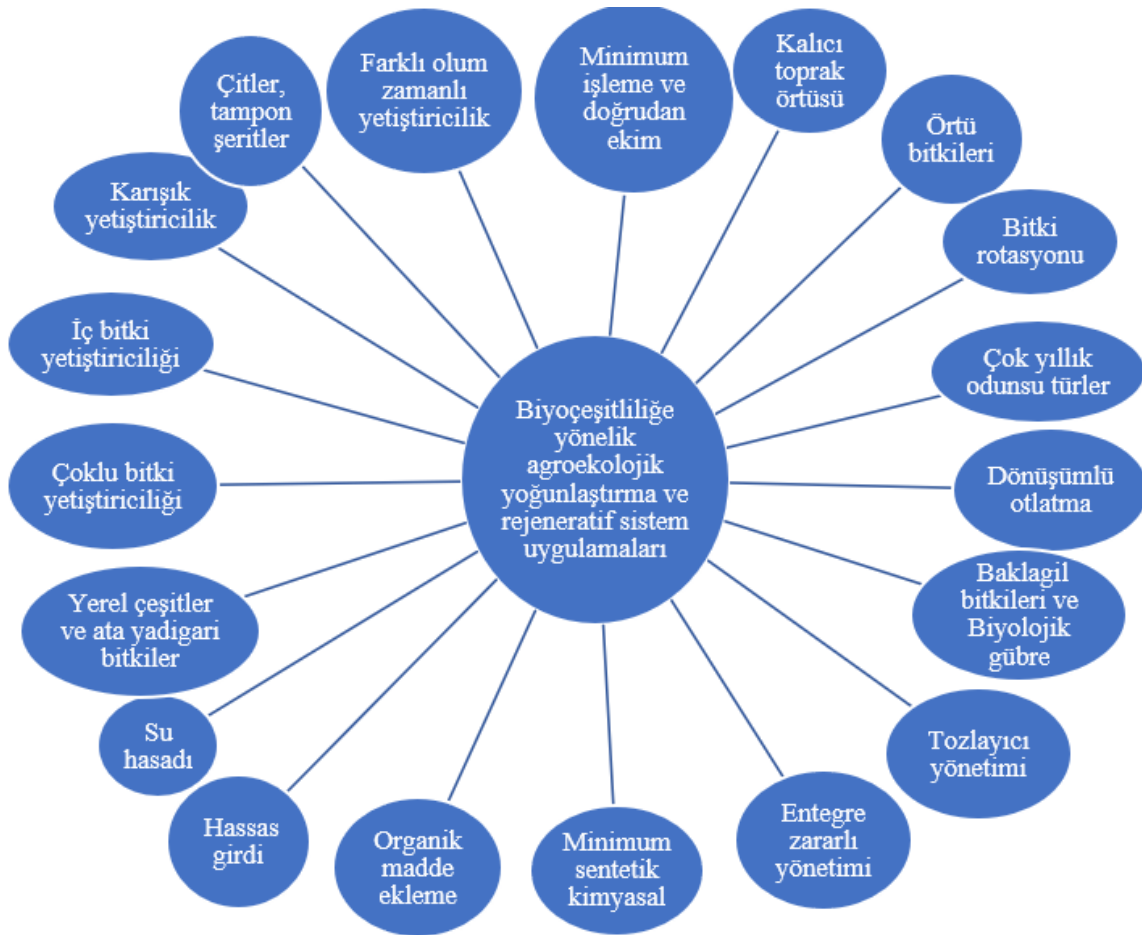
düşman bolluğu ve çeşitliliğini artırabileceğine dair kanıtlara rağmen (Katayama vd., 2019; Wintermantel vd., 2019), ancak bu etki oldukça değişkendir ve organik tarımın biyoçeşitlilik üzerindeki olumlu etkileri, peyzaj ve ürün türleri ile ürün çeşitlendirme düzeylerine göre değişiklik göstermektedir.

Bitkisel sistemler toprak ve kök mikrobiyomları kompozisyonunu etkilemekte (Hartman vd., 2018), koruyucu ve organik tarım ekosistemin çok işlevliliğini teşvik etmekte, toprak biyolojik çeşitliliği ve makro ve mikrobiyotanın bolluğu üzerinde olumlu etki göstermektedir (Wittwer vd., 2021). Uzun vadeli organik yönetimin, toprağın kimyasal ve biyolojik özelliklerinde önemli değişikliklere yol açtığı, mikrobiyal aktivitelerini ve bakteri çeşitliliğini artırdığı ve toprak kalitesi ve mikrobiyal çeşitliliği üzerinde uzun vadeli olumlu etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Çakmakçı, 2019). Organik tarım biyoçeşitlilik, özellikle de algler, bakteriler, mantarlar, böcekler ve diğer toprak organizmalarından oluşan toprak biyolojik çeşitliliğini ve ekosistem hizmetlerini artırmaktadır (Underwood vd., 2011). Dört yıllık sebze rotasyonunda, konvansiyonele kıyasla organik tarımın ekolojik sürdürülebilirliği geliştirdiği ve biyoçeşitlilik endeksleri artırdığı belirlenmiştir (Burgio vd., 2015). Sağlıklı topraklar yüksek biyoçeşitlilik içerir. Son yıllarda geleneksel ve organik tarımın dışında, yeni ve mevcut teknolojilerin agroekolojik uygulamalarla birleştirilmesiyle biyoçeşitlilik ve doğal düzenleyici süreçlerin teşviki, ekosistem hizmetlerinin düzenlenmesi ve tedarikinin iyileştirilmesi ve gelecekteki gereksinimleri karşılamaya uygun yeni bir tarım konsepti önerilmiştir (Zimmermann vd., 2021).

2.3. Rejeneratif Tarım ve Permakültür

Rejeneratif tarım ve permakültür, toprak kalitesi, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetleri gibi doğal sistemleri restore etmek ve korumak, doğal ekosistemleri teşvik etmek için tasarlanmış yarı kapalı bütünsel sürdürülebilir sistem yaklaşımlarıdır (McLennon vd., 2021). Bu tarım sistemlerinin, organik, biyodinamik, agroekoloji, örtü bitkisi yetiştiriciliği, ürün rotasyonu, bütünsel yönetim, entegre bitki ve hayvancılık, biyolojik zararlı kontrolü, azaltılmış ve koruyucu toprak işleme, restorasyon ekolojisi, çeşitlilik ve tarımsal ormancılık gibi uygulamaları içerebilmekte (Schoolman, 2019; Morsetto, 2020; Çakmakçı vd., 2023) ve toprak sağlığını ve biyolojik çeşitliliği koruyup geliştirmekte ve sürdürülebilir gıda üretimini teşvik etmektedir (McLennon vd., 2021). Çeşitli bitki ve hayvanların üretim sistemine entegre edilmesi, tarımsal biyolojik çeşitliliği teşvik etmekte, ekosistem hizmetlerini geliştirmekte ve dış girdilere bağımlılığı azaltmaktadır (Kremen ve Miles, 2012). Diğer alternatif tarım modellerinde olduğu gibi rejeneratif tarım ve permakültür sistemlerinde uygulanan birçok yetiştirme tekniği biyolojik çeşitliliği teşvik edebilmektedir (Şekil 3). Ekosistemin tüm bilgisi kullanılarak ve doğanın desenleri taklit edilerek geliştirilen permakültür su yönetimi, gıda üretimi, yaban hayatı ve biyoçeşitliliği koruma ve tüm canlılar için sürdürülebilir habitatlar yaratmayı esas almaktadır.

Rejeneratif tarım toprak kalitesini ve biyolojik çeşitliliği korumayı ve artırmayı amaçlamaktadır. Araştırmalar toprak biyolojisini, organik maddeyi ve biyolojik çeşitliliği desteklediğini, bitki örtüsünü iyileştirdiği ve tarım sisteminin dayanıklılığını artırdığını ortaya koymuştur (LaCanne & Lundgren, 2018). Bu tarım sistemlerine rekreasyonel ve gölge amaçlı eklenen ağaçlarla uygulanan gölgeli yönetim sistemlerinin, farklı türler için yaşam alanı sağladığı, biyoçeşitliliği teşvik ettiği ve tarım sisteminin sağlığını koruduğu, doğal zararlı kontrolünü ve tozlayıcı popülasyonunu teşvik ettiği vurgulanmıştır (Le vd., 2021).



Şekil 3. Biyoçeşitliliği teşvik edici bazı agroekolojik yoğunlaştırma ve rejeneratif sistem uygulamaları.

2.4. Agroekolojik Tarım

Agroekolojik tarım, dış girdi, bilgi, yönetim, emek yoğun, sürdürülebilir ve dirençli bir sistem oluşturmak için bazı teknolojik veya yönetim yeniliklerinin yanı sıra fonksiyonel biyoçeşitliliği dahil ederek, uzun vadeli tarımsal ekosistem özelliklerini yeniden oluşturarak çevresel, sürdürülebilirlik ve üretim hedeflerini entegre etmeyi amaçlamaktadır (Garibaldi vd., 2019; Sharma vd., 2020; Buzhdygan & Petermann, 2023). Biyoçeşitlilik, verim ve ekosistem hizmetleriyle ilgili olduğundan, ekolojik yoğunlaştırmayla biyoçeşitlilik yönetimi, özellikle gübreler ve pestisit gibi kimyasal girdileri azaltarak, tarımsal ekosistemin sürdürülebilirliğini ve üretimini korumaktadır (Schmid & Schöb, 2023). Agroekolojik uygulamalar, ekosistem hizmetlerinin arzını artıracabilecek sürdürülebilir ve dirençli tarımsal ekosistemler oluşturmayı amaçlayan biyolojik çeşitliliğe dayalı çözümlerdir (Palomo-Campesino vd., 2022). Monokültürlerden uzaklaşarak daha karmaşık ve çeşitlendirilmiş bir tarım sisteminin restorasyonu veya yaratılması hedeflenmektedir. Bu amaçla, iç bitki, örtü bitkisi, çiçek şeritleri, tarla ve nehir kenar habitatları, birlikte ekim, permakültür, çeşitli ürün rotasyonları, tarımsal ormancılık, koruyucu tarım ve entegre ürün-hayvancılık yönetimi gibi tarım uygulamaları kullanılmaktadır (Lemaire vd., 2014; Torralba vd., 2016; Buzhdygan & Petermann, 2023). Ekolojik tarım, arazi habitatlarındaki heterojenliği yeniden tesis etmenin ve dolayısıyla tarla biyolojik çeşitliliğini arttırmanın potansiyel bir yoludur.

Yerel biyoçeşitliliğin desteklenmesi çoklu metodolojik yaklaşım gerektirmektedir. Ekolojik restorasyon ve çokişlevli bir ekosistem biyolojik çeşitliliğin korunmasını teşvik eder. Ekolojik restorasyon programlarıyla çeşitli yerli bitki türlerinin ekilmesiyle yeni yaşam alanlarının yaratılması biyolojik çeşitliliği teşvik etmektedir. Bir çiftlik sisteminde tamamlayıcı türler başta olmak üzere hem yer üstü hem de yer altı biyoçeşitliliğinin korunması, bitkisel üretime doğrudan ve dolaylı fayda sağlar. Benimsenen tarımsal uygulamalar, biyolojik çeşitliliği teşvik edebilen ve olumsuz çevresel etkileri en aza indirebilen daha sürdürülebilir yöntemler olmalıdır. Tarım sistemlerinde ekolojik odaklı çoklu ve bütüncül yaklaşımla kendi kendini düzenleyen çiftlik tasarımlarının biyoçeşitliliğin korunması, zararlıların ve yabani otların biyolojik kontrolü ve yaban hayatı için habitat sağlanması açısından önemli bir yaklaşım olduğu ortaya konulmuştur (Dominici vd., 2022).

Agroekolojik uygulamalar ve rotasyonların çeşitlendirilmesi, zararlıların, hastalıkların ve yabani otların doğal kontrolünü teşvik etmekte (Schmid & Schöb, 2023); toprak biyotasını ve bununla ilgili besin döngüsünü iyileştirmekte (Lemanceau vd., 2015); polen taşıyıcıları ve zararlıların doğal düşmanlarının çeşitliliğini artırmakta ve yarı doğal habitatları korumaktadır (Crowder & Jabbour, 2014; Rusch vd., 2016). Araştırmalar ekolojik yönetimin, toprak verimliliğini etkili bir şekilde iyileştirdiğini, sürdürülebilir tarımsal ekosistemleri teşvik edebildiği ve toprak biyolojik çeşitliliğini arttırdığını ortaya koymuştur (Chavarria vd., 2018; Teixeira vd., 2021). Ekolojik yönetim uygulamaları, bireysel toprak besin

maddelerinin içeriğini, toprak biyolojik süreçlerinde temel rol oynayan nadir taksonlar başta olmak üzere mikrobiyal eitliliği artırarak ve topluluk kompozisyonunu değiştirerek toprak verimliliğinin iyileşmesine yol açmaktadır (Yang vd., 2022).

2.5. Korumalı Tarım

Korumalı tarım; bitkisel üretimi desteklemek amacıyla, faydalı toprak biyoeeitliliğinin, toprak yapısının, su tutma kapasitesinin ve besin içeriğinin korunmasına yönelik uygulamaları kapsar. Bitki artıkları veya canlı mallar kullanarak kalıcı bir toprak örtüsü oluşturmak; ürün rotasyonu, örtü bitkileri ve i bitki sistemleri yoluyla bitki türlerinin eitlendirilmesini esas alır (Giller vd., 2015). Gelişmiş faydalı biyolojik eitlilikle birlikte yer altı ve yer üstü doğal ekolojik süreçlere ulaşmayı, su ve besin kullanım etkinliğini ve sürdürülebilir verimliliği artırmayı amaçlamaktadır (Garratt vd., 2018; Oldfield vd., 2019). Korumalı tarım, mekanik sürümün azaltılması, toprak yüzeyinin örtülü tutulması ve baklagil esaslı rotasyonların oluşturulması yoluyla toprağın içi ve üstündeki biyolojik eitliliği teşvik etmekte ve korumaktadır (FAO, 2018). Solucan yoğunluğunun; basit buğday arpa rotasyonuna kıyasla buğday, bezelye ve kolza eitli rotasyonunda iki kat; geleneksel toprak işlemeye göre işlemesiz tarımda ise 17 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir (Torppa & Taylor, 2022). Korumalı tarım, toprak üstü faunayı ve farklı türler yoluyla farklı mikroorganizmaları teşvik edeceğinden biyoeeitliliği özellikle de mikrobiyal eitliliği artırmaktadır. Bu sistem, örtü bitkileri ve bitki rotasyonu gibi uygulamalarla toprak faunası eitliliğini, bakteriyel biyoeeitliliği ve besin döngüsünü teşvik etmekte (Rosa-Schleich vd., 2019), toprak altı ve toprak üstü biyolojik eitliliği iyileştirmektedir (Pisante vd., 2015). Tarım sistemlerinin işlevselliğinin değerlendirildiği araştırmalarda, konvansiyonel sistemlere kıyasla organik ve korumalı tarımın özellikle biyolojik eitliliğin korunması dahil ekosistemin çoklu işlevselliğini desteklediği belirlenmiştir (Wittwer vd., 2021).

2.6. Ekolojik Yoğunlaşma

Doğa temelli bir yaklaşım olarak en önemli ilke, toprak verimliliğini, bitki performansını, bitkinin tozlaşmasını ve zararlılara ve hastalıklara karşı doğal savunmayı optimize etmek için biyoeeitliliği geliştirmek ve var olan biyota ve ekolojik süreçlerle birlikte çalışarak çiftlik sistemine daha fazla dayanıklılık ve esneklik kazandırmaktır (Bender vd., 2016; Kovács-Hostyánszki vd., 2017). Ekolojik yoğunlaşma, ekolojik süreçlerin, biyoeeitliliğin ve yerli fauna ve floranın korunmasına ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımına odaklanmaktadır. Ekolojik yoğunlaştırma uygulamaları biyolojik eitlilikteki azalmayı hafifletmektedir. Ekolojik yoğunlaşma biyoeeitliliğin aracılık ettiği ekosistem hizmetlerinin tarımsal ekosistemlere entegrasyonunu teşvik etmektedir (Kleijn vd., 2019). Tarımın ekolojik olarak yoğunlaştırılması, karışık ekim, bitki rotasyonu, eitlendirme ve tarım kimyasallarının kullanımının azaltılması gibi uygulamalarla tarıma faydalı biyolojik eitlilięi teşvik ederek sürdürülebilir gıda üretimini destekler.

Agroekolojik yoğunlaştırma, çiftlik verimliliğini artırmak, dış girdilere bağımlılığı azaltmak ve ekosistemi sürdürmek veya geliştirmek amacıyla ekolojik ilkeleri ve biyolojik çeşitlilik yönetimini tarım sistemlerine entegre eder. Ekolojik yoğunlaştırma; biyotik zararlı yönetimi, besin döngüsü ve tozlaşma dahil üretimi destekleyen ekolojik süreçleri geliştirme, ekosistem işlevlerini ve hizmetlerini iyileştirmek için biyolojik çeşitliliği kullanarak çevre üzerindeki etkileri en aza indirirken mahsul verimliliğini en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır (Buzhdygan & Petermann, 2023). Fonksiyonel biyoçeşitliliğin korunması ve kullanılmasına odaklanmış ve çeşitlendirilmiş bir tarım sistemi olarak biyoçeşitliliğin korunduğu sistemdir. Ekolojik yoğunlaşmanın teşvik ettiği kuşlar, etkili biyokontrol ajanı olarak, birçok ekosistemde, otçulları ve diğer zararlıları baskılayarak, önemli ekosistem hizmetleri sağladığından sürdürülebilir zararlı yönetimi stratejilerinin önemli bileşenleri olarak önerilmiştir (García vd., 2020; Diaz-Siefer vd., 2022). Ekolojik yoğunlaştırma, sentetik girdileri ve ekili alanların genişletilmesini en aza indirirken, biyoçeşitliliği ve ilgili ekosistem hizmetlerini destekleyip geliştirerek bitki verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır (Garibaldi vd., 2019).

2.7. Sürdürülebilir Yoğunlaşma

Ekolojik ve sosyal koşulları iyileştirme, dış etkenlere bağlı kalmaksızın, tarımsal ekosistemde olumlu ekolojik etkileşimleri teşvik etmeye dayanan, kaynakları koruyan düşük girdili tarım sistemleri olarak başlamış olsa da son yıllarda kaynak kullanım etkinliğini artırmak için sermaye ve dış girdi yoğun çözümlere doğru kaydırılmıştır (Loos vd., 2014). Kimyasal girdilerini zamanlama ve hedefleme konusunda daha hassas bir şekilde optimize edilmesini sağlayan teknolojik çözümlere odaklanmış olmakla birlikte, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetlerinin korunması, yönetimi ve kullanımı açısından radikal bir dönüşüm sağlayamadığı düşünülmektedir.

2.8. Çeşitlendirilmiş Tarım

Çeşitlendirilmiş çiftçilik, birden fazla mahsulü ve/veya hayvanı üretim sistemine entegre eden, tarımsal ekoloji ve ekolojik yoğunlaşma ile yakından bağlantılıdır ve sürdürülebilir üretim mekanizması olarak, tarımsal biyolojik çeşitliliği teşvik eden, ekosistem hizmetlerini yenileyen ve dış girdilere olan ihtiyacı azaltan tarım uygulamalarını kapsamaktadır (Kremen & Miles, 2012). Birlikte ekim, çeşit karışımları, bitki rotasyonu, tarımsal ormancılık, gübreleme, biyolojik gübreleme ve yeşil gübreleme gibi kültürel uygulamalarla tarımsal sistemlerde biyolojik çeşitliliğin teşvik edilmesi, besin döngüsü, toprak strüktür oluşumu ve hastalık kontrolü gibi ekolojik hizmetler sağlar.

2.9. Şehir ve Çevresi Tarımı

Günümüzde özellikle kent ve çevresindeki insan baskısı sebebiyle baskı altında bulunan biyolojik çeşitliliğin korunması ve barınması için kentsel tarım uygulamaları önemli bir potansiyele sahiptir (Di Pietro vd., 2018; Glatron, 2018). Topluluk ve tahsis bahçelerinin biyoçeşitlilik bakımından zengin olduğu (Cabral vd., 2017; Pearsall vd., 2017) ve yeşil çatı

bahçelerinin bek ve diğeryaban hayatı için mikro antropojenik habitatlar oluşturabildiği ve kültür ve yabani çeşitli bitki örtüsü gibi biyoeitlilik için ev sahipliği yapabildiği (Köhler & Ksiazek-Mikenas, 2018) vurgulanmıştır. şehir tarımında yönetilen veya barındırılan ekolojik biyoeitlilik ön plana çıkmakla birlikte, besin kaynağı ve habitat olarak bu alanların ilginç hayvan ve bitki türlerine ev sahipliği yapabilecek ortamlar olduğu ve bu alanlara uygulanan yönetim uygulamalarının biyolojik çeşitliliğin daha iyi korunması için enine boyuna düşünülmesi ve ekolojik ilkelere uygun olması gerektiği vurgulanmıştır (Royer vd., 2023).

3. BİYOEİTLİLİĞE DAYALI EİTLENDİRİLMİş TARIM SİSTEMLERİ

Çeşitlendirilmiş tarım, birden fazla bitki ve/veya hayvanı üretim sistemine entegre eden, tarımsal ekoloji ile yakından bağlantılı ve sürdürülebilir üretim mekanizmasını esas alan tarımsal biyolojik çeşitliliği teşvik eden, ekosistem hizmetlerini yenileyen ve dış girdilere olan ihtiyaı azaltan tarım uygulamalarını kapsamaktadır. Uygun yönetilirse çeşitlilik, biyolojik anlamda çiftlik için koruyucu bir tampon işlevi görür. Biyoeitliliğe dayalı tarım sistemlerinde, i bitki, örtü bitkileri, ardışık yetiştiricilik, birlikte ekim, çeşitlendirilmiş tarla kenarları, tarla tamponları, iek şeritleri, bitki sıraları ile tür, çeşit ve cins çeşitliliğinin artırılması ve toprağın örtü bitkileriyle kapatılması ile biyolojik çeşitliliği geliştirmek ve yönetmek esas alınmaktadır. Biyolojik girdiye dayalı tarım sistemlerinde canlı biyolojik girdilerin veya biyostimlanların kullanılması, biyolojik çeşitliliğe dayalı tarım sistemlerinin geliştirilmesinde hayati öneme sahiptir. Örtü ve yeşil gübre bitkileri, çeşitlendirilmiş bitki rotasyonları, i bitki sistemleri, tarımsal ormancılık, yapısal elamanlar gibi tekli; korumalı tarım uygulamaları, karma bitkisel-hayvancılık sistemleri ve organik-ekolojik tarım gibi karma uygulamalarla üretim sistemlerinin çeşitlendirilmesi biyoeitliliğe dayanmakta ve biyoeitliliği teşvik etmektedir.

3.1. Tarla Tamponları

Tarla tamponları veya bitki örtüsü şeritleri, habitatlar, yiyecek, barınma ve saklanma alanları işlevleri, habitatlar arasındaki yapısal bağlantıyı kurma ve yerli türlerin genetik çeşitliliğini koruduğundan, ilgili tarım arazisi biyoeitliliğine ve tarımsal ekosisteme fayda sağlamaktadır (Schtz vd., 2022). Tarla tamponları aşırı iklim koşullarını tamponlar gölge ve barınak sağlar, habitatlar arası bağlantıyı sağlar, tozlaşma ve zararlı kontrolü, karasal biyoeitliliği teşvik eder ve değerini artırır. Tarım alanlarındaki çeşitli ekosistemler, tarla kenarlarındaki ekolojik koridorlar ve yönetilen ve yönetilmeyen arazilerden oluşan mozaik, biyolojik çeşitliliği olumlu yönde etkileyebilir ve birçok tür için üreme, beslenme ve sığınma yeri işlevi görebilir (Kelemen vd., 2013). Tarımsal retimi destekleyen ekosistem hizmetlerini optimize etmek için biyolojik çeşitlilikten yararlanan tarım sistemleri dış girdilere daha az bağımlı olmaktadır (Reganold & Wachter, 2016).

3.2. Çiçek Şeritleri

Çiçek şeritleri bitkisel sistemlerin estetik ve ekolojik değerlerinin yanı sıra biyolojik çeşitliliği de etkiler. Yabani çiçek şeritleri, tarımsal ekosistemlerdeki biyolojik çeşitliliği teşvik etmek için giderek daha yaygın olarak benimsenen önlemlerdir. Genellikle tarla kenarlarında oluşturulan polen ve nektar sağlamak için çiçekli türlerin bir karışımının ekildiği yarı doğal yaşam alanı olan çiçek şeritleri hem arazide hem de yerel ölçekte tür zenginliğini teşvik etmekte, özellikle zararlıların doğal düşman grubunun kışlama habitatı olarak önemli bir rol oynamaktadırlar (Ganser vd., 2019; Boetzel vd., 2021; Clem & Harmon-Threatt, 2021; Tschardt vd., 2021; Schoch vd., 2022). Açık alanlarda tür bakımından zengin yabani çiçek şeritlerinin biyolojik çeşitliliği teşvik etme ve düzenleme hizmetlerini destekleme görevi gördüğü ve biyolojik çeşitlilik politikalarının uygulanmasında önemli bir etkiye sahip olduğu vurgulanmıştır (Serée vd., 2023). Çok yıllık çiçek şeritleri, kalıcı çimenlik şeritleri ve özellikle tarla kenarlarında çok yıllık bitki örtüsünün ekosistem hizmetleri ve biyoçeşitlilik ve biyokontrol bakımından önemli olduğu vurgulanmıştır (Rodenwald vd., 2023). Araştırmacılar, estetik ve biyolojik çeşitlilik hedeflerine ulaşmak, biyolojik çeşitliliğin korunması ve ekosistem hizmetleri için çok yıllık çiçek şeritleri, tampon şeritler, kalıcı çimenlik şeritleri, tarla kenarlarında çok yıllık bitki örtüsü, koruyucu tarım ve karışık ekim sistemlerini önermektedir. Bu şeritler ayrıca, insanlar ile doğa ve toplum ile tarım dünyası arasındaki bağların kurulması için faydalı olabilir.

3.3. Tarımsal Ormancılık

Ağaçların ve bitkilerin aynı arazi parçası üzerinde entegrasyonu olarak tanımlanmaktadır. Tarımsal ormancılık, ağaçlar, çalılar, bitkiler ve hayvancılık gibi tarımsal ekosistem üretim bileşenlerinin çeşitlendirilmesine ve bu bileşenler arasındaki tarımsal-ekolojik ilişkilerin yoğunlaştırılmasına dayanan bir tarımsal yaklaşımdır (Rosati vd., 2021). Geleneksel ormancılık sistemlerine kıyasla, biyoçeşitliğe sahip ekolojik temelli tarım ormancılık sistemleri üretim ve biyolojik çeşitliliğin korunmasını entegre etmektedir (Santos vd., 2019). Çeşitli ağaç ve çalı türleri veya bunların böcekler, eklembacaklılar, kuşlar ve tozlayıcılar için sağladığı yaşam alanı olan ortamlar, flora ve fauna bakımından biyoçeşitliliği artırmaktadır (Rosati vd., 2021). Organik tarım sistemleriyle tarımsal ormancılığın birleştirilmesi, organik tarımdaki biyolojik çeşitliliği büyük ölçüde teşvik etmektedir (Rosati vd., 2021). Tarımsal ormancılık sistemleri kuruluş amacına ve mekânsal düzenlemeye göre gölge ağaçları ve odunsu şeritler halinde düzenlenebilmektedir. Bu sistemler çeşitlendirilmiş ürün rotasyonu özellikleri gösterir ve sahip olduğu yüksek yüksek biyolojik çeşitlilik nedeniyle biyolojik zararlı kontrolü gibi ekosistem hizmetlerini kolaylaştırır (Tschardt vd., 2021; Rosa-Schleich vd., 2019).

3.4. Yapısal Elemanlar

Biyoçeşitliliği destekleyen yapısal elemanların başında özellikle çitler, çiçek setleri, çimenli şeritler, nehir kenarlarında çok katmanlı bitki zonları, aralıklı dikili koruma alanları, orman blokları, barınak kuşakları, yerli çalı kalıntıları, sulak alanların ve sızıntıların bakımı veya iyileştirilmesi ve ekim alanı içinde tercihen yükseltilmiş çok yıllık ot veya çalılardan oluşmuş zararlı böcekleri avlayan faydalı böcekler, kuşlar ve diğer fauna için yaşam alanı sağlayan şeritler gelir. Özellikle çitler ve tarla kenarları, biyolojik kontrole ve arılar, kelebekler aracılığıyla tozlaşmaya fayda sağlayan yüksek biyolojik çeşitlilikleriyle bilinmektedir (Rosa-Schleich vd., 2019). Tarımsal habitatların biyolojik çeşitlilik için tamamlayıcı alanlar haline getirilmesi, biyolojik çeşitliliği sürdürmek, ekolojik süreçleri desteklemek ve tarımsal üretkenlik için giderek daha da önem kazanmaktadır (Chowdhury vd., 2021). Araştırmalar ekosistemlerin ekolojik performansı için yerel ölçekte çitlerin ve organik tarımın yüksek değerini doğrulamış; çitlerin tür çeşitliliğini, habitatları, gıda kaynaklarını, biyolojik kontrolü, tozlayıcıları, biyolojik çeşitlilikle ilgili işlevselliği arttırdığı belirlenmiştir (Couthouis vd., 2023). Türler için yeni habitatların oluşturulması özellikle yerli biyolojik çeşitliliği yeniden kazandırmakta ve artırmaktadır ve biyoçeşitliliğin artırılması, ekosistem hizmetlerinin sağlanmasına katkıda bulunduğundan çiftliğin önemli iklim olaylarına karşı direncini artırmaktadır (Dominati vd., 2019).

3.5. Çeşitlendirilmiş Bitki Rotasyonları

Bitki çeşitlendirmesi belli bir alanda bitki sayısını artırmak veya biyolojik çeşitliliğin bitkisel sistemlere maksatlı olarak eklenmesidir. Basit rotasyonla karşılaştırıldığında, çeşitlendirilmiş bitki rotasyonu, mikrobiyal zenginlik ve çeşitlilikte artış sağlar (Venter vd., 2016), tozlayıcı çeşitliliğini ve zenginliğini artırabilir, zararlı ve yabani ot kontrolüne yardımcı olur (Rosa-Schleich vd., 2019). Bitki çeşitlendirmesi ekosistem dayanıklılığı ve biyoçeşitlilik için önemli olup polen, nektar ve barınak sağlamakta ve biyolojik kontrolün temelini oluşturmaktadır. Tarım sistemlerinin çeşitlendirilmesi ve karışık ürün desenleri, tarımın ekolojik olarak yoğunlaşması yoluyla verim istikrarını sağladığı, biyoçeşitlilik ve biyolojik mücadele ajanlarını artırıp tarımsal sistemlerde hastalık-zararlı ve yabani ot biyolojik kontrolünü geliştirebileceğini gösterdiği vurgulanmıştır (Redlich vd., 2018; Rosa-Schleich vd., 2019; Tschardt vd., 2021). Çeşitlendirilmiş tarım, önemli ölçüde daha fazla biyolojik çeşitlilik ve zararlı ve yabani ot kontrolü, toprak sağlığı, besin ve su yönetimi ve karbon tutumu gibi ilgili ekosistem hizmetleri sağlamaktadır (Rosa-Schleicha vd., 2019). Çeşitlilik arttıkça türler arasındaki birliktelik ve yararlı etkileşimler için fırsatlar ortaya çıkmakta ve tarım sisteminin sürdürülebilirliği artmaktadır.

3.6. İç Bitki Yetiştiriciliği

Ara bitkisi, aynı tarlada birden fazla çeşidin veya bitki türünün aynı anda yetiştirilmesi olarak tanımlanır ve karışık iç bitki, farklı olum zamanlı birlikte ekim ve şeritsel iç bitki ekimi olarak üç tür uygulanır. Birlikte ekim ve iç bitki sistemleri çeşitlendirilmiş bir bitki topluluğunu içerir ve böylece toprak üstü ve altı biyolojik çeşitliliği artırır. Bu uygulamalarda yüksek çiçek çeşitliliği doğal düşmanların sayısını artırmakta ve biyolojik kontrol sağlanmaktadır. İç bitki sistemleriyle birlikte faunal aktivitenin arttığı ve bunun ekosistem sağlığının bir göstergesi olduğu; ayrıca iç bitki ve ara bitkisi yetiştiriciliğinin, meyve bahçelerinde ve ağaç esaslı tarım sistemlerinde biyolojik çeşitliliği artırdığı ve iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasına katkıda bulunduğu ve genel üretkenlik açısından geleneksel uygulamalardan iyi performans gösterdiği bildirilmiştir (Thevathasan & Gordon, 2004). Ağaç bazlı iç bitki yetiştiriciliği sistemleri, türler arası tamamlayıcı özelliklerden yararlanmak ve biyolojik çeşitliliği teşvik etmek suretiyle üretkenlik, besin döngüsü ve toprak sağlığını olumlu etkilemektedir.

Ortak kültür yöntemleri, toprağın ve suyun kalitesi ve pirinç tarımsal ekosisteminin biyolojik çeşitliliği üzerinde faydalar sağlar (Luovd., 2014). Polikültür, doğal örtü ve tarımsal ormancılık gibi agroekolojik tarım sistemlerinde arazi kullanımının çeşitlendirilmesinin biyolojik çeşitliliği iyileştirdiğine dair kanıtlar vardır (Kazemi vd., 2018). Geleneksel yetiştiriciliğe kıyasla farklı bitki türlerini birleştiren çok yıllık polikültürler, toprak mikrobiyal ve mantar toplulukları, bitki örtüsü ve kuş toplulukları gibi yüksek biyolojik çeşitliliğe ilaveten; toprak organik karbonu, toprak verimliliği, besin döngüsü, zararlıların düzenlenmesi ve tozlaşma ve bitki üretimi gibi ekolojik fonksiyon göstergeleri ve ekosistem işlevleri bakımından daha iyi sonuç vermektedir (Kreitzman vd., 2022). Çok yıllık polikültürler, daha yüksek genel tür zenginliği ile karakterize edilmekte, flora ve fauna açısından monokültürlerden farklılık göstermekte, potansiyel faydalar sağlayacak şekilde tarımsal ekosistem fonksiyonlarını arttırmakta ve daha yüksek biyolojik çeşitlilik göstermektedir.

4. MONOKÜLTÜRLERDE EKOLOJİK UYGULAMALAR

Monokültür tarımın yaygınlaşması biyolojik çeşitliliğe yönelik en büyük tehditlerden biridir. Koruma alanı dışında kalan geleneksel tarım alanları biyolojik çeşitliliğe zarar vermekte, ancak bu alanlarda ekolojik uygulamalarla biyoçeşitliliğin yönetilmesi gerekmektedir. Doğal ekosistemlerin insan kaynaklı olarak monokültür tarıma dönüştürülmesi ve bunun genişlemesi, habitat ve biyolojik çeşitlilik kaybıyla sonuçlanmıştır (Crews vd., 2018; Chowdhury vd., 2021). Monokültür çaylıklarda biyoçeşitliliğin düştüğü; ancak çaylıklarda biyoçeşitlilik dostu çay tarımsal ekosistem yönetimi uygulamalarıyla ve geleneksel veya organik olarak yönetilen çay tarımsal ormancılık sistemleri, çay monokültürleri

içindeki biyolojik eitliliğın devamlılığının artırılabilirdiğı vurgulanmıştır (Chowdhury vd., 2021). Yapısal olarak daha karmaşık tarımsal ekosistemler daha yüksek biyolojik eitlilik göstermektedir. ay agrosistemlerinde i bitki uygulamalarının geleneksel çay monokltrlerine kıyasla daha fazla toprak biyoeitliliğini desteklediğı ve aya daha fazla değeri kattığı vurgulanmıştır (Qin vd., 2017; Zhang vd., 2017; Rubio vd., 2019). Bütünsel organik tarım uygulamaları (Chettri vd., 2018), bölgesel ekoloji ile agroekolojinin birleştirilmesi ve monokültür kenarlarındaki koridorlar gibi eitli alt yaşam alanları aracılığıyla heterojenliğın sürdürülmesi (Wordley vd., 2018) monokltrlerin biyolojik eitliliğini teşvik etmekte ve korunmasını sağlamaktadır. Türkiye’deki başta çay ve fındık olmak üzere monokültür yetiştiricilik bölgelerinin biyolojik eitlilik ve kritik ekosistem hizmetleri açısından tarımsal ekoloji felsefesine uygun yönetilmesi gerekmektedir.

5. TOPRAK MİKROBİYOTASI EKOLOJİK YÖNETİM MODELİYLE MİKROBİYAL TAKSONLARIN DÜZENLENMESİ

Toprak mikroorganizmaları tarımsal ekosistemlerde, N fiksasyonu, bitkisel hormon retim, P zme ve mineralizasyonu yoluyla besin dönüşüm sürecini düzenleyerek, toprak besin alınabilirliğı ve verimliliğının arttırılmasında önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (akmakı vd., 2010, 2020; Yang vd., 2022). Bitki-toprak biyota etkileşimleri ve temel toprak fonksiyonel gruplarının bolluğ bitkisel retkenliğı destekleyen toprak ekosistemi fonksiyonlarının sağlanması ve dayanıklılığı ile bağlantılıdır. Tarımsal yönetim, toprak ekosistemi hizmetlerini geliştirmek, fiziksel koşullarını optimize etmek ve ağırlıklı olarak mikroorganizmalar tarafından düzenlenen besin tedarikini iyileştirmek için gereklidir. Geleneksel yönetimle karşılaştırıldığında, ekolojik yönetimin toprak verimliliğini, mikrobiyal eitliliğı ve mikrobiyal ağı karmaşıklığını önemli lde arttırdığı bulunmuştur (Yang vd., 2022). Genel olarak, çay plantasyon sistemlerinde nadir mikrobiyal taksonların düzenlenmesinde ve iyi bir toprak verimliliğinin sürdürülmesinde ekolojik yönetimin geleneksel yönetimden daha etkili olduğ gösterilmiştir.

6. SONUÇ

Konvansiyonel yoğun tarım; biyolojik eitlilik değışimi, kaybı ve ekosistem bozulmasının önemli nedenidir ve ekolojik bozulmayı tersine çevirmek ve biyolojik eitliliğı teşvik etmek için birçok doğai temelli alternatif tarım modeli ve yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Ekolojik alt yapının oluşturulması ve eitlendirilmesi, biyoeitliliğın ve dayanıklı ekosistemlerin restorasyonunu, ekolojik, sosyal ve ekonomik disiplinler arası yaklaşımlarla yeni tarım sistemlerinin geliştirilmesi ve ekolojik yoğunlaşma ile ekolojik süreçlerin iyileştirilmesi gerekmektedir. Fonksiyonel eitlilik; i bitki ve bitki rotasyonları ile bitki türlerinin

artırılması; alternatif tarım modelleri, çeşitlendirilmiş tarım sistemleri, polikültürler, rotasyonların çeşitlendirilmesi, iek şeritleri, çitler ve yarı doğal habitatlarla tarla içi ve çevresinde ürün dışı tür çeşitliliğinin artırılması; faydalı mikroorganizmaların toprağa aőılanması ve toprağa organik girdilerin ilave edilmesi yoluyla geliőtirilebilmektedir. Yenileyici, entegre, organik ve doğayı kapsayan ekolojik tarım sistemleri, ekosistem sağlığı ile tarımsal üretimi dengelemenin etkili bir yoludur. Eko-biyolojik süreçler, uzun vadeli genel üretkenlik ve gıda güvenliği, geleceğin tarımının, biyolojik çeşitlilik, toprak ve su kaynaklarının yönetimine öncelik vermesi gerektiğini göstermektedir. Tarımın faydalı biyolojik çeşitliliğe ve ekosistem süreçlerine dayandığı, ancak aynı zamanda ekosistem bozulmasına ve biyolojik çeşitliliğin yok olmasına neden olan sosyo-kültürel ve endüstriyel bir uygulama olduğu ve ekosistemler üzerinde olumsuz etkileri olduğu açıktır.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Attia, Y., Asiry, K.A., Edris, S., Al-Qurashi, A.D., & Ibrahim, O.H.M. (2023). Organic agriculture and foods for sustainable food production and safety, an updated review. *JKAU: Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture Sciences*, 32, 97 – 115.
- Batáry, P., Gallé, R., Riesch, F., Fischer, C., Dormann, C.F., Mußhoff, O., ...& Tscharntke, T. (2017). The former Iron Curtain still drives biodiversity– profit trade-offs in German agriculture. *Nature Ecology & Evolution*, 1, 1279–1284.
- Beckmann, M., Gerstner, K., Akin-Fajiye, M., Ceaşu, S., Kambach, S., Kinlock, N.L., ... & Seppelt, R. (2019). Conventional land-use intensification reduces species richness and increases production: A global meta-analysis. *Global Change Biology*, 25, 1941–1956.
- Belkhiri, A., Chahlaoui, A., Bendaoud, A., Sadki, M., Moubchir, T., Haddadi, Y., Saidi, A., & Maliki, A. (2023). Effects of vineyard management, herbaceous cover and vine plant characteristics on bird diversity in a North African agroecosystem. *African Journal of Ecology*, 2023, 1–9.
- Bender, S.F., Wagg, C., & van der Heijden, M.G.A., (2016). An underground revolution: biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. *Trends in Ecology & Evolution*, 31, 440–452.
- Boeraeve, F., Vialatte, A., Sirami, C., Caro, G., Thenard, J., Francis, F., & Dufrêne, M. (2022). Combining organic and conservation agriculture to restore biodiversity? Insights from innovative farms in Belgium and their impacts on carabids and spiders. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1003637.
- Boetzel, F.A., Krauss, J., Heinze, J., Hoffmann, H., Juffa, J., König, S., ... & Steffan-Dewenter, I. (2021). A multitaxa assessment of the effectiveness of agri-environmental schemes for biodiversity management. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118, 1–9.
- Burgio, G., Campanelli, G., Leteo, F., Ramilli, F., Depalo, L., Fabbri, R., & Sgolastra, F. (2015). Ecological sustainability of an organic four-year vegetable rotation system: carabids and other soil arthropods as bioindicators. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 39, 295–316.
- Buzhdygan, O.Y., & Petermann, Y.S. (2023). Multitrophic biodiversity enhances ecosystem functions, services and ecological intensification in agriculture. *Journal of Plant Ecology*, 16, rtad019.
- Büscher, B., & Fletcher, R. (2019) Towards convivial conservation. *Conservation & Society*, 17(3), 283–296.
- Cabral, I., Keim, J., Engelmann, R., Kraemer, R., Siebert, J., & Bonn, A. (2017). Ecosystem services of allotment and community gardens: a Leipzig, Germany case study. *Urban Forestry & Urban Greening*, 23, 44–53.
- Caccia, M., Urcelay, C., & Videla, M. (2023). Complex relationships between lettuce (*Lactuca sativa*), arbuscular mycorrhizal fungi, and a leafminer pest in a context of ecological soil management. *Arthropod-Plant Interactions*, 17, 253–261.

- Castro, J., Barreal, M.E., Briones, M.J.I., & Gallego, P.P. (2019). Earthworm communities in conventional and organic fruit orchards under two different climates. *Applied Soil Ecology*, 144, 83–91.
- Chavarria, D.N., P´erez-Brandan, C., Serri, D.L., Meriles, J.M., Restovich, S.B., Andriulo, A.E., Jacquelin, L., & Vargas-Gil, S. (2018). Response of soil microbial communities to agroecological versus conventional systems of extensive agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 264, 1–8.
- Chettri, A., Sharma, K., Dewan, S., & Acharya, B.K., (2018). Bird diversity of tea plantations in darjeeling hills, Eastern Himalaya, India. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19, 1066–1073.
- Chowdhury, A., Samrat, A., & Devy, M.S. (2021). Can tea support biodiversity with a few “nudges” in management: Evidence from tea growing landscapes around the world. *Global Ecology and Conservation*, 31, e01801.
- Clem, C.S., & Harmon-Threatt, A.N., (2021). Field borders provide winter refuge for beneficial predators and parasitoids: a case study on organic farms. *Journal of Insect Science*, 21, 1–6.
- Couthouis, E., Aviron, S., Pétilion, J., & Alignier, A. (2023). Ecological performance underlying ecosystem multifunctionality is promoted by organic farming and hedgerows at the local scale but not at the landscape scale. *Journal of Applied Ecology*, 60, 17–28.
- Crews, T.E., Carton, W., & Olsson, L. (2018). Is the future of agriculture perennial? Imperatives and opportunities to reinvent agriculture by shifting from annual monocultures to perennial polycultures. *Global Sustainability*, 1, e11, 1-18.
- Crowder, D.W., & Jabbour, R. (2014). Relationships between biodiversity and biological control in agroecosystems: Current status and future challenges. *Biological Control*, 75, 8–17.
- Çakmakçı, R. (2019). Effects of organic versus conventional management on bacterial population and pH in tea orchards soils. In *Proceedings of the 5th International Eurasian Congress on Natural Nutrition, Healthy Life & Sport*, Karaman, M.R., Erdogan Orhan, I., Zorba, E., Konar, N., Eds.; Natural: Ankara, Turkey, 2019; pp. 231–239.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M.F., Ertürk, Y., Erat, M., Haznedar, A., Sekban, R. (2010). Diversity and metabolic potential of culturable bacteria from the rhizosphere of Turkish tea grown in acidic soils. *Plant and Soil*, 332, 299–318.
- Çakmakçı, R., Mosber, G., Milton, A.H., Alatürk, F., Ali, B. (2020). The effect of auxin and auxin-producing bacteria on the growth, essential oil yield, and composition in medicinal and aromatic plants. *Current Microbiology*, 77, 564–577.
- Çakmakçı, S., & Çakmakçı, R. (2023). Quality and nutritional parameters of food in agri-food production systems. *Foods*, 12, 351.
- Çakmakçı, R., Salık, M.A., & Çakmakçı, S. (2023). Assessment and principles of environmentally sustainable food and agriculture systems. *Agriculture*, 13, 1073.
- Daane, K. M., Hogg, B. N., Wilson, H., & Yokota, G. Y. (2018). Native grass ground covers provide multiple ecosystem services in Californian vineyards. *Journal of Applied Ecology*, 55, 2473–2483.

- Di Pietro, F., Mehdi, L., Brun, M., & Tanguay, C. (2018). Community gardens and their potential for urban biodiversity. In: Glatron, S., Granchamp, L. (Eds.), *The Urban Garden City: Shaping the City with Gardens Through History, Cities and Nature*. Springer International Publishing, Cham, pp. 131–151.
- Diaz-Siefer, P., Olmos-Moya, N., Fontúrbel, F.E., Lavandero, B., Pozo, R.A., & Celis-Diez, J.L. (2022). Bird-mediated effects of pest control services on crop productivity: A global synthesis. *Journal of Pest Science*, 95, 567–576.
- Dominati, E.J., Maseyk, F.J.F., Mackay, A.D., & Rendel, J.M. (2019). Farming in a changing environment: Increasing biodiversity on farm for the supply of multiple ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 662, 703–713.
- Dominici, L., Magi, E., Leidi, B., Pastore, M.E., & Comino, E. (2022). Ecologically-oriented business strategy for a small-size rice farm: Integrated wetland management for the improvement of environmental benefits and economic feasibility. *Science of The Total Environment*, 838, 156604.
- FAO, (2018). Biodiversity of Turkey. Contribution of Genetic Resources to Sustainable Agriculture and Food Systems. Ankara. 222 p. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- Figuerola-Helland, L., Thomas, C., & Aguilera, A. P. (2018). Decolonizing food systems: Food sovereignty, indigenous revitalization, and agroecology as counter-hegemonic movements. *Perspectives on Global Development and Technology*, 17, 173–201.
- Gabriel, D., Sait, S.M., Hodgson, J.A., Schmutz, U., Kunin, W.E., & Benton, T.G. (2010). Scale matters: The impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology Letters*, 13, 858–869.
- Ganser, D., Knop, E., & Albrecht, M. (2019). Sown wildflower strips as overwintering habitat for arthropods: Effective measure or ecological trap. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 275, 123–131.
- Garbach, K., Milder, J.C., DeClerck, F.A.J., Montenegro de Wit, M., Driscoll, L., & Gemmill-Herren, B., (2016). Examining multi-functionality for crop yield and ecosystem services in five systems of agroecological intensification. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 5903, 1–22.
- García, K., Olimpi, E.M., Karp, D.S., & Gonthier, D.J. (2020). The good, the bad, and the risky: Can birds be incorporated as biological control agents into integrated pest management programs? *Journal of Integrated Pest Management*, 11, a11.
- Garibaldi, L.A., Gemmill-Herren, B., D'Annolfo, R., Graeub, B.E., Cunningham, S.A., & Breeze, T.D. (2017). Farming approaches for greater biodiversity, livelihoods, and food security. *Trends in Ecology & Evolution*, 32, 68–80.
- Garibaldi, L.A., Pérez-Méndez, N., Garratt, M.P.D., Gemmill-Herren, B., Miguez, F.E., & Dicks, L.V. (2019). Policies for Ecological Intensification of Crop Production. *Trends in Ecology & Evolution*, 34, 4282–4286.

- Garnica, S., Rosenstein, R., & Schön, M.E. (2020). Belowground fungal community diversity, composition and ecological functionality associated with winter wheat in conventional and organic agricultural systems. *PeerJ*, 8, e9732.
- Garratt, M.P.D., Bommarco, R., Kleijn, D., Martin, E., Mortimer, S.R., Redlich, S., ... & Potts, S.G. (2018). Enhancing soil organic matter as a route to the ecological intensification of European arable systems. *Ecosystems*, 21, 1404–1415.
- Giller, K.E., Andersson, J.A., Corbeels, M., Kirkegaard, J., Mortensen, D., Erenstein, O., & Vanlauwe, B. (2015). Beyond conservation agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 6, 870.
- Glatron, S. (2018). A new design for urban gardens: being framed in the green infrastructure. In: Glatron, S., Granchamp, L. (Eds.), *The Urban Garden City: Shaping the City with Gardens Through History, Cities and Nature*. Springer International Publishing, Cham, pp. 187–215.
- Gomiero, T., Pimentel, D., & Paoletti, M.G. (2011). Environmental impact of different agricultural management practices: Conventional vs. organic agriculture, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30, 95–124.
- Hartman, K., van der Heijden, M.G.A., Wittwer, R.A., Banerjee, S., Walser, J.C., & Schlaeppi, K. (2018). Cropping practices manipulate abundance patterns of root and soil microbiome members paving the way to smart farming. *Microbiome*, 6, 14 (2018).
- Hawesa, C., Squirea, G. R., Hallett, P. D., Watsonb, C. A., & Young, M. (2010). Arable plant communities as indicators of farming practice. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 138, 17–26.
- Hyvönen, T. (2007). Can conversion to organic farming restore the species composition of arable weed communities? *Biological Conservation*, 137, 328–390.
- IPBES, (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H.T. Ngo (eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany. p.1148.
- Jiang, L., Chen, Y., Wang, X., Guo, W., Bi, Y., Zhang, C., Wang, J., & Li, M. (2022). New insights explain that organic agriculture as sustainable agriculture enhances the sustainable development of medicinal plants. *Frontiers in Plant Science*, 13, 959810.
- Katayama, N., Osada, Y., Mashiko, M., Baba, Y.G., Tanaka, K., Kusumoto, Y., ... & Natuhara, Y. (2019). Organic farming and associated management practices benefit multiple wildlife taxa: A large-scale field study in rice paddy landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 56, 1970–1981.
- Kazemi, H., Klug, H., & Kamkar, B. (2018). New services and roles of biodiversity in modern agroecosystems: A review. *Ecological Indicators*, 93, 1126–1135.
- Kleijn, D., Bommarco, R., Fijen, T.P.M., Garibaldi, L.A., Potts, S.G., & van der Putten, W.H. (2019). Ecological intensification: Bridging the gap between science and practice. *Trends in Ecology & Evolution*, 34, 154–166.
- Kelemen, E., Nguyen, G., Gomiero, T., Kovács, E., Choisis, J.-P., Choisis, N., ... & Balázs, K. (2013). Farmers' perceptions of biodiversity: Lessons from a discourse-based deliberative valuation study. *Land Use Policy*, 35, 318– 328.

- Knapp, S., & van der Heijden M.G.A. (2018). A global meta-analysis of yield stability in organic and conservation agriculture. *Nature Communications*, 9, 3632.
- Kovács-Hostyánszki, A., Espíndola, A., Vanbergen, A.J., Settele, J., Kremen, C., Dicks, L.V. (2017). Ecological intensification to mitigate impacts of conventional intensive land use on pollinators and pollination. *Ecology Letter*, 20, 673–689.
- Köhler, M., & Ksiazek-Mikenas, K. (2018). Chapter 3.14–Green roofs as habitats for biodiversity. In: Pérez, G., Perini, K. (Eds.), *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. Butterworth-Heinemann, pp. 239–249.
- Kreitzman, M., Eyster, H., Mitchell, M., Czajewska, A., Keeley, K., Smukler, S., ... & Chan, K.M.A. (2022). Woody perennial polycultures in the U.S. Midwest enhance biodiversity and ecosystem functions. *Ecosphere*, 13, e03890.
- Kremen, C., & Miles, A. (2012). Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: Benefits, externalities, and trade-offs. *Ecology and Society*, 17, 40.
- LaCanne, C.E., & Lundgren, J.G. (2018). Regenerative agriculture: Merging farming and natural resource conservation profitably. *Peer J*, 6, e4428.
- Larsen, A. E., & Noack, F. (2021). Impact of local and landscape complexity on the stability of field-level pest control. *Nature Sustainability*, 4, 120–128.
- Le, Q.V., Cowal, S., Jovanovic, G., & Le, D.-T. (2021). A study of regenerative farming practices and sustainable coffee of ethnic minorities farmers in the Central Highlands of Vietnam. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 712733.
- Lemaire, G., Franzluebbers, A., Carvalho, P.C.D., & Dedieu, B. (2014). Integrated croplivestock systems: strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190, 4–8.
- Lemanceau, P., Maron, P.A., Mazurier, S., Mougél, C., Pivato, B., Plassart, P., ... & Wipf, D. (2015). Understanding and managing soil biodiversity: a major challenge in agroecology. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 67–81.
- Loos, J., Abson, D.J., Chappell, M.J., Hanspach, J., Mikulcak, F., Tichit, M., & Fischer, J. (2014). Putting meaning back into 'sustainable intensification. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12, 356–361.
- Lori, M., Symnaczik, S., Mäder, P., De Deyn, G., & Gättinger, A. (2017). Organic farming enhances soil microbial abundance and activity-A meta-analysis and meta-regression. *PLoS One*, 12, e0180442.
- Luo, Y., Fu, H., & Traore, S. (2014). Biodiversity conservation in rice paddies in China: Toward ecological sustainability. *Sustainability*, 6, 6107–6124.
- Ma, L.F., Yang, X.D., Shi, Y.Z., Yi, X.Y., Ji, L.F., Cheng, Y., Ni, K., & Ruan, J.Y. (2021). Response of tea yield, quality and soil bacterial characteristics to long-term nitrogen fertilization in an eleven-year field experiment. *Applied Soil Ecology*, 166, 103976.

- Mace, G. M. (2014). Whose conservation? *Science*, 345, 1558–1560.
- McLennon, E., Dari, B., Jha, G., Sihi, D., & Kankarla, V. (2021). Regenerative agriculture and integrative permaculture for sustainable and technology driven global food production and security. *Agronomy Journal*, 113, 4541–4559.
- Morseletto, P. (2020). Restorative and regenerative: Exploring the concepts in the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 24, 763–773.
- Oldfield, E.E., Bradford, M.A., & Wood, S.A. (2019). Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields. *Soil*, 5, 15–32.
- Ostandie, N., Giffard, B., Bonnard, O., Joubard, B., Richart-Cervera, S., Thiéry, D., & Rusch, A. (2021). Multi-community effects of organic and conventional farming practices in vineyards. *Scientific Reports*, 11, 11979.
- Palomo-Campesino, S., García-Llorente, M., Hevia, V., Boeraeve, F., Dendoncker, N., & González, J.A. (2022). Do agroecological practices enhance the supply of ecosystem services? A comparison between agroecological and conventional horticultural farms. *Ecosystem Services*, 57, 101474.
- Pearsall, H., Gachuz, S., Rodriguez sosa, M., Schmook, B., Wal, H., & Gracia, M.A. (2017). Urban community garden agrodiversity and cultural identity in Philadelphia, Pennsylvania, U.S. *Geographical Review*, 107, 476–495.
- Piotrowska, A., & Boruszko, D. (2022). Analysis of the potential of effective microorganisms in plant production. *Ekonomia I Środowisko*, 4(83), 180-195.
- Pisante, M., Stagnari, F., Acutis, M., Bindi, M., Brilli, L., Di Stefano, V., & Carozzi, M. (2015). Conservation agriculture and climate change. In *Conservation Agriculture*; Farooq, M., Siddique, K.H. (Eds.), Springer: Cham, Switzerland, pp. 579–620.
- Qin, X., Wei, C., Li, J., Chen, Y., Chen, H.S., Zheng, Y., ... & Wei, J. (2017). Changes in soil microbial community structure and functional diversity in the rhizosphere surrounding tea and soybean. *Journal of Agriculture Science-Sri-Lanka*, 12, 1-13.
- Redlich, S., Martin, E.A., & Steffan-Dewenter, I. (2018). Landscape-level crop diversity benefits biological pest control. *Journal of Applied Ecology* 55, 2419–2428.
- Reganold, J.P., & Wachter, J.M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2, 15221.
- Renard, D., & Tilman, D. (2019). National food production stabilized by crop diversity. *Nature*, 571, 257–260.
- Rodenwald, N., Sutcliffe, L.M.E., Leuschner, C., & Batáry, P. (2023). Weak evidence for biocontrol spillover from both flower strips and grassy field margins in conventional cereals. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 355, 108614.
- Rosa-Schleicha, J., Loosa, J., Mußhoff, O., & Tscharncke, T. (2019). Ecological-economic trade-offs of Diversified Farming Systems – A review. *Ecological Economics* 160, 251–263.

- Rosati, A., Borek, R., & Canali, S. (2021). Agroforestry and organic agriculture. *Agroforestry Systems*, 95, 805–821.
- Royer, H., Yengue, J.L., & Bech, N. (2023). Urban agriculture and its biodiversity: What is it and what lives in it? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 346, 108342.
- Rubio, G.D., Stolar, C.E., Ohashi, D.V., & Baigorria, J.E. (2019). Jumping spiders (Araneae: Salticidae) in agroecosystems: a case study to know how friendly some crops can be for native fauna. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 54, 133–148.
- Rusch, A., Chaplin-Kramer, R., Gardiner, M.M., Hawro, V., Holland, J., Landis, D., ... & Bommarco, R. (2016). Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: a quantitative synthesis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 221, 198–204.
- Sandbrook, C., Fisher, J.A., Holmes, G., Luque-Lora, R., & Keane, A. (2019). The global conservation movement is diverse but not divided. *Nature Sustainability*, 2, 316–323.
- Santos, P.Z.F., Crouzeilles, R., & Sansevero, J.B.B. (2019). Can agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem service provision in agricultural landscapes? A meta-analysis for the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, 433, 140–145.
- Schoch, K., Tschumi, M., Lutter, S., Ramseier, H., & Zingg, S. (2022). Competition and facilitation effects of semi-natural habitats drive total insect and pollinator abundance in flower strips. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 854058.
- Schoolman, E.D. (2019). Do direct market farms use fewer agricultural chemicals? Evidence from the US census of agriculture. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 34, 415–429.
- Schütz, L., Wenzel, B., Rottstock, T., Dachbrodt-Saaydeh, S., Golla, B., & Kehlenbeck, H. (2022). How to promote multifunctionality of vegetated strips in arable farming: A qualitative approach for Germany. *Ecosphere*, 3, e4229.
- Schrama, M., de Haan, J.J., Kroonen, M., Verstegen, H., & van der Putten, W.H. (2018). Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 256, 123–130.
- Schmid, B., & Schöb, C. (2023). Ecological intensification of agriculture through biodiversity management: Introduction. *Journal of Plant Ecology*, 16, rtad018.
- Serée, L., Legras, S., Chiron, F., Valantin-Morison, M., & Gardarin, A. (2023). People prefer arable fields and flower strips with continuous soil cover and diversified vegetation. *Ecology and Society*, 28(2), 9
- Seufert, V., & Ramankutty, N. (2017). Many shades of gray-The context-dependent performance of organic agriculture. *Science Advances*, 3, e1602638.
- Sharma, S., Shera, P.S., & Sangha, K.S. (2020). Species composition of parasitoids and predators in two rice agro-farming systems-effect of ecological intensification. *International Journal of Tropical Insect Science*, 40, 233–238.

- Smith, O.M., Cohen, A.L., Reganold, J.P., Jones, M.S., Orpet, R.J., Taylor, J.M., ... & Crowder, D.W. (2020). Landscape context affects the sustainability of organic farming systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 17, 2870-2878.
- Spirito, F., Vieli, L., & Montalba, R. (2022). Advancing towards an understanding of the relationship between culture and agrobiodiversity. A case study in Mapuche territory, southern Chile. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*, 94, 1-23.
- Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T. C., Kremen, C., van der Heijden, M.G.A., Liebman, M., & Hallin, S. (2020). Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science Advances*, 6(45), eaba1715.
- Teixeira, H.M., Bianchi, F.J., Cardoso, I.M., Tiftonell, P., & Pena-Claros, M. (2021). Impact of agroecological management on plant diversity and soil-based ecosystem services in pasture and coffee systems in the Atlantic Forest of Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 305, 107171.
- Thevathasan, N.V., & Gordon A.M. (2004). Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: Experiences from southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems*, 61, 257-268.
- Togni, P.H.B., Venzon, M., Souza, L.M., Santos, J.P.C.R., & Sujii, E.R. (2019). Biodiversity provides whitefly biological control based on farm management. *Journal of Pest Science*, 92, 393-403.
- Torppa, K.A., & Taylor, A.R. (2022). Alternative combinations of tillage practices and crop rotations can foster earthworm density and bioturbation. *Applied Soil Ecology*, 175, 104460.
- Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P.J., Moreno, G., & Plieninger, T. (2016). Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 230, 150-161.
- Tscharntke, T., Grass, I., Wanger, T.C., Westphal, C., & Batáry, P. (2021). Beyond organic farming – harnessing biodiversity-friendly landscapes. *Trends in Ecology & Evolution*, 36, 919-930.
- Tuck, S. L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L. A., & Bengtsson, J. (2014). Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: A hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51, 746-755.
- Underwood, T., McCullum-Gomez, C., Harmon, A., & Roberts, S. (2011). Organic agriculture supports biodiversity and sustainable food production. *Journal of Hunger & Environmental Nutrition*, 6, 398-423.
- Vanbergen, A.J., Aizen, M.A., Cordeau, S., Garibaldi, L.A., Garratt, M.P.D., Kovács-Hostyánszki, A., ... & Young, J.C. (2020). Transformation of agricultural landscapes in the Anthropocene: Nature's contributions to people, agriculture and food security. *Advances in Ecological Research*, 63, 193-253.
- Venter, Z.S., Jacobs, K., & Hawkins, H.J. (2016). The impact of crop rotation on soil microbial diversity: a meta-analysis. *Pedobiologia - Journal of Soil Ecology*, 59, 215-223.

- Wheeler, S.A., & Marning, A. (2019). Turning water into wine: Exploring water security perceptions and adaptation behaviour amongst conventional, organic and biodynamic grape growers. *Land Use Policy*, 82, 528–537.
- Wintermantel, D., Odoux, J.-F., Chadœuf, J., & Bretagnolle, V. (2019). Organic farming positively affects honeybee colonies in a flower-poor period in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 56, 1960–1969.
- Wittwer, R.A., Bender, S.F., Hartman, K., Hydbom, S., Lima, R.A.A., Loaiza, V., ... & van der Heijden, M.G.A. (2021). Organic and conservation agriculture promote ecosystem multifunctionality. *Science Advances*, 7, eabg6995.
- Wordley, C.F.R., Sankaran, M., Mudappa, D., & Altringham, J.D. (2018). Heard but not seen: comparing bat assemblages and study methods in a mosaic landscape in the Western Ghats of India. *Ecology and Evolution*, 8, 3883–3894.
- Yang, X., Leng, Y., Zhou, Z., Shang, H., Ni, K., Ma, L., ... & Shi, J.Z. (2022). Ecological management model for the improvement of soil fertility through the regulation of rare microbial taxa in tea (*Camellia sinensis* L.) plantation soils. *Journal of Environmental Management*, 308, 114595.
- Yang, X.D., Ma, L.F., Ji, L.F., Shi, Y.Z., Yi, X.Y., Yang, Q.L., Ni, K., & Ruan, J.Y. (2019). Long-term nitrogen fertilization indirectly affects soil fungi community structure by changing soil and pruned litter in a subtropical tea (*Camellia sinensis* L.) plantation in China. *Plant and Soil*, 444, 409–426.
- Zhang, Z., Zhou, C., Xu, Y., Huang, X., Zhang, L., & Mu, W. (2017). Effects of intercropping tea with aromatic plants on population dynamics of arthropods in Chinese tea plantations. *Journal of Pest Science*, 90, 227–237.
- Zhao, Z.H., Hui, C., Reddy, G.V.P., Ouyang, F., Men, X.-Y., & Ge, F. (2019). Plant species richness controls arthropod food web: evidence from an experimental model system. *Annals of the Entomological Society of America*, 112, 27–32.
- Zimmerer, K.S., De Haan, S., Jones, A.D., Creed-Kanashiro, H., Tello, M., Carrasco, M., ... & Olivencia, Y.J. (2019). The biodiversity of food and agriculture (agrobiodiversity) in the anthropocene: Research advances and conceptual framework. *Anthropocene*, 25, 100192, 1–16.
- Zimmermann, B., Claß-Mahler, I., von Cossel, M., Lewandowski, I., Weik, J., Spiller, A., ... & Bahrs, E. (2021). Mineral-ecological cropping systems—a new approach to improve ecosystem services by farming without chemical synthetic plant protection. *Agronomy*, 11, 1710.

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI | Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi |
rcakmakci[at]comu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-1354-1995**

Ramazan Çakmakçı ilk, orta ve lise eğitimini İspir'de (Erzurum) tamamladı. Lisans eğitimini 1984 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi Bölümü'nde tamamladıktan sonra Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. çalışmaya başlamıştır. 1994 yılında yüksek lisansını, 1998 yılında doktorasını Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla bitkileri Ana Bilim Dalında tamamlamıştır. 2002 yılında Tarla bitkileri yetiştirme ve ıslahı alanında Doçent unvanını almış, 2007 yılında Profesör kadrosuna atanmıştır. 2002-2007 yılları arasında Atatürk Üniversitesi İspir Hamza Polat Meslek Yüksekokulu Bahçe Bitkileri ve Organik Tarım programında ve 2002-2008 yıllarında Atatürk Üniversitesi Biyoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde doçent olarak çalışmıştır. 2007-2017 yılları arasında Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla bitkileri Bölümünde Endüstri Bitkileri Yetiştiriciliği ve Islahı ve Tıbbi ve Aromatik Bitkiler ana bilim dallarında profesör olarak çalıştı. 2017 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri bölümüne atandı. Çalışma konuları tıbbi ve aromatik ve endüstri bitkileri, organik tarım, mikrobiyal biyoteknoloji, biyogübre ve mikrobiyoloji olup alanında 50'den fazlası SCI kapsamındaki dergilerde olmak üzere 230 dan fazla makale, 1 kitap, 5 kitapta bölüm yazarlığı yapmıştır ve 7000'in üzerinde atıf almıştır.

**Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI | Çanakkale Onsekiz Mart University |
rcakmakci[at]comu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-1354-1995**

Ramazan Çakmakçı completed his primary, secondary and high school education in İspir (Erzurum). After completing his undergraduate education at Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science in 1984, he started working at Turkish Sugar Factories Inc. He obtained his academic degrees, M.Sc in 1994 and Ph.D in 1998 from Atatürk University, Institute of Science and Technology, Department of Field Crops. He received the title of Associate Professor in field of Field Crops Cultivation and Breeding in 2002 and was appointed to the Professor position in 2007. He worked as an associate professor at Atatürk University İspir Hamza Polat Vocational School, in the Horticulture and Organic Agriculture program between 2002-2007, and at Atatürk University Biotechnology Research and Application Center between 2002-2008. He worked as a professor at Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, in the Division of Industrial Plants Cultivation and Breeding and Medicinal and Aromatic Plants between 2007-2017. He started to work as a professor in Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops in 2017. He works on medicinal and aromatic and industrial crops, organic farming, microbial biotechnology, biofertilizer and microbiology, and he has authored more than 230 articles, 1 book, 5 chapters, and more than 50 of which are in journals within the scope of SCI and has received 7000 citations.



GELENEKSEL / YEREL TOHUMLAR, GDO ve BİYOÇEŞİTLİLİK

TRADITIONAL / LOCAL SEEDS, GMO and BIODIVERSITY

Ahmet BALKAYA

GELENEKSEL / YEREL TOHUMLAR, GDO VE BİYOÇEŞİTLİLİK

Ahmet BALKAYA

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Özet

Tarımsal üretimin başlangıcı ve birçok bitkinin çoğaltma materyali tohumdur. Bu derleme çalışmasında, sürdürülebilir tarımda geleneksel tohum üretiminin esasları ve çeşit kavramı açıklanmıştır. Ayrıca biyoçeşitliliğin önemli yapısal göstergesini oluşturan yerel çeşitlerin önemi, muhafazası ve tarımsal üretiminde değerlendirilmesi incelenmiştir. Organik tarımda, yerel çeşitlerin önemi ve organik bitki ıslahı yöntemleri kullanılarak organik çeşitlerinin geliştirilmesi ile organik tohum üretimleri sürecinde karşılaşılabilecek faktörlerin teknik yönden analizleri yapılmıştır. Son yıllarda hibrit çeşit ıslahındaki gelişmeler, moleküler teknikler kullanılarak yeni çeşitlerin seçilmesi ve genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) kullanımındaki düzenlemeler ile bunların tohum üretimine yansması tohumculuk sektöründe firmalar arasında rekabeti artırmıştır. Ayrıca son yıllarda tarımsal üretimde kullanılmaya başlanan transgenik çeşitlerin kullanımı ve biyoçeşitlilik üzerine etkileri hakkında bilgiler de özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Sürdürülebilir tarım, Genetik miras, GDO, Islah, Çeşit, Tohum

TRADITIONAL / LOCAL SEEDS, GMO and BIODIVERSITY

Ahmet BALKAYA

Ondokuz Mayıs University

Abstract

The beginning of agricultural production and the propagation material of many plants are seeds. In this review, the principles of traditional seed production and the concept of variety in sustainable agriculture are explained. In addition, the importance of local varieties, which constitute an important structural indicator of biodiversity, their conservation and utilization in agricultural production were examined. The importance of local varieties in organic agriculture, the development of organic varieties using organic plant breeding methods and the technical analysis of the factors that may be encountered in the process of organic seed production are discussed. In recent years, developments in hybrid variety breeding, selection of new varieties using molecular techniques, regulations on the use of genetically modified organisms (GMOs) and their reflection on seed production have increased competition among companies in the seed industry. Additionally, information about the use of transgenic varieties that have begun to be used in agricultural production in recent years and their effects on biodiversity is also summarized in this study.

Keywords

Sustainability agriculture, Genetic heritage, GMO, Breeding, Variety, Seed

1. GİRİŞ

Bitki genetik kaynakları, özellikleri tanımlanmış kültür bitkileri ile onların yabani akrabalarını bir araya getirmesi sebebiyle çeşit ıslahı çalışmaları ve tohum üretimi açısından kritik ve önemli bir rol oynamaktadır (Engels vd., 1995). Farklı ekolojilere adaptasyon yetenekleri, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı dayanıklılıkları, yüksek besin değeri ve üstün kalite içeriklerine sahip olmaları nedeniyle çeşit ıslah programları için önemli ve eşsiz nitelikte kaynaklardır (Balkaya & Yanmaz, 2001; Karaağaç & Balkaya, 2017). Bugün yetiştirilen ve kullanılan kültür bitkileri ve varyeteleri, uzun yılların hatta binyılların ürünleridir. Günümüzde kullanılan kültür bitkileri ve çeşitlerinin ürünleri olan tohumlar, gıda zincirinin başlangıç noktasını oluşturur ve aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin yapısal göstergesidir. Günümüzde tarımsal üretimde modern yetiştirme teknikleri kullanılmasına rağmen, hızla artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılayacak, verim unsurları yönünden üstün, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı nitelikli dayanıklı/tolerant yeni çeşitlerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Günümüzde tüm ülkelerde gen kaynaklarının toplanması ve yönetimi, tarımsal öncelikler arasındadır. Çeşit ıslah programları oluşturulurken bir ıslahçı için en büyük yardımcı o coğrafyada var olan yerel çeşitlerdir. Bu nedenle ıslahçılar tarafından seçilen nitelikli gen kaynakları; sürdürülebilir ekonomi, ekoloji, tarımsal üretim ve küresel gıda güvenliğinin de esas temelini oluşturmaktadır.

Biyolojik çeşitlilik veya biyolojik zenginlik, “bir bölgedeki genlerin, türlerin ve ekosistemlerin toplamı” şeklinde tanımlandığı gibi tabiatta var olan bütün varlıkların birbirleriyle ve çevreleri ile olan karşılıklı ilişkilerini vurgular (Çalışkan vd., 2011; Hakyemez vd., 2013). Biyolojik çeşitlilik genetik, tür ve ekosistem çeşitlilik olmak üzere üç alt grupta incelenir. Tarımsal biyolojik çeşitlilik, tarım ve gıda sektörü ile ilişkili olan bütün biyolojik çeşitlilik unsurlarını ve tarımsal ekosistem içinde yer alan biyolojik çeşitliliğin tüm unsurlarını kapsayan geniş kapsamlı bir terimdir. Tarımsal biyolojik çeşitlilik, tarım ve gıda sektörü için hayati öneme sahip olan genetik kaynakları içerir. Ekosistemler, besinlerin geri dönüştürülmesi, organik materyallerin parçalanması, tozlaşmanın sağlanması, zararlıların ve hastalıkların kontrol altına alınması, su döngüsünün devamlılığı, karbondioksitin emilimi ve depolanması gibi hayati işlevleri yerine getiren karmaşık yapılardır. Bu işlevlerin yerine getirilmesinde, bitkiler, hayvanlar, mikroorganizmalar gibi canlı organizmaların yanı sıra toprak, su gibi cansız faktörler de önemli rol oynar. Geleneksel bilgiler ve sosyoekonomik faktörler de ekosistemlerin işleyişini ve sürdürülebilirliğini etkilemektedir (Arslan, 2010). Türkiye, 1996 yılında Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi’ne (BÇS) taraf olarak uluslararası bu anlaşmaya imza atan ilk ülkelerden biri olmuştur. 1997 yılında yürürlüğe giren bu sözleşme, mevcut biyolojik çeşitliliği koruyarak, sürdürülebilir kullanımını sağlamak ve genetik kaynaklar tarafından sağlanan faydaların eşit bir şekilde paylaşılmasını amaçlamıştır.

Türkiye birçok bitki türünün orijin ve gen merkezi olmasının yanı sıra, bitki genetik çeşitliliği bakımından dünyada önemli bir yere ve konuma sahiptir. Bu çeşitliğin en önemli nedenlerinin başında ülkemizin üç önemli floristik bölgenin (Avrupa-Sibirya, Akdeniz ve İran-Turan fitocoğrafik bölgelerine) kesişme noktasında yer alması gelir (Balkaya & Karaağaç, 2006). Ayrıca geniş bir jeomorfolojik, topoğrafik ve iklimsel çeşitliliğinin bulunmasının bir sonucu olarak zengin bir bitki çeşitliliği ve yüksek oranda endemizm görülmektedir (Karaağaç & Balkaya, 2017). Türkiye'nin florasında 174 farklı familyaya ait 1.251 cins ve 9.222 tür bulunmaktadır. Bu türlerden 3.000'inden fazlası endemik özellik göstermektedir. Türkiye'nin bitkisel gen kaynakları açısından zenginliği, tüm Avrupa ülkeleri ile karşılaştırıldığında oldukça belirgindir. Örneğin, Avrupa'daki tüm ülkelerin toplamında 203 farklı familyaya bağlı 12.000 tür bulunmaktadır, ancak bu türlerin sadece 2.750'si endemiktir. Bu karşılaştırma, Avrupa ülkelerine kıyasla bitki gen kaynakları yönünden Türkiye'nin oldukça zengin bir ülke olduğunu ortaya koymaktadır (Karık, 2015). Avrupa kıtasının tümünde mevcut olan bitki türlerinden sadece 2.750 tanesinin endemik olması ülkemizdeki endemik bitki sayısının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir (Mutlu vd., 2009). Ülkemiz, birçok bitki türünde çok yüksek düzeyde genetik varyasyon barındırmaktadır (Tan, 1996). Aynı zamanda iki büyük gen merkezinin (Yakın Doğu ve Akdeniz) kesişim noktasında yer almaktadır. Her iki gen merkezi de keten (*Linum*), soğan ve sarımsak (*Allium*), arpa (*Hordeum*), buğday (*Triticum*), yulaf (*Avena*), nohut (*Cicer*), mercimek (*Lens*), bezelye (*Pisum*), şeker pancarı (*Beta*), üzüm (*Vitis*), badem (*Amygdalus*) ve erik (*Prunus*) gibi tarla ve bahçe bitkilerinin ortaya çıkmasında kilit bir role sahiptir (Muminjanov & Karagöz, 2019). İpek yolu üzerinde yer alan Anadolu, Avrupa ile Asya kıtaları arasında bir köprü görevi görmesi, bölgenin olağanüstü bir genetik zenginliğe sahip olmasının diğer önemli bir nedenidir.

Tohum, tarımsal üretim için ilk aşama olup birçok bitkinin çoğaltım materyali olarak kullanılır. Bu nedenle tohumun, ülkelerin tarım ve gıda sektörleri açısından stratejik olarak önemli bir payı vardır. Türkiye'de, bilimsel prensiplere dayalı çeşit geliştirme ve kaliteli tohumluk üretimiyle ilgili ilk adımlar, Cumhuriyet döneminde atılmıştır. Cumhuriyet öncesi dönemde ise ıslah programları ile elde edilen kaliteli tohumluk üretimi ve dağıtımı için özel bir kuruluş veya organizasyon olmadığı için çiftçiler kendi tohum ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tarlalarının en iyi yerinde yetişen üstün bitkilerden gelecek yılın tohumlarını selekte etmişlerdir (Gençtan vd., 1990). Ülkemizde bitki ıslahçıları, geçmişten günümüze kadar olan süreçte mevcut tür çeşitliliği ve genetik çeşitlilikten kaynaklanan farklılıklardan faydalanarak adaptasyon, kalite, verim, hastalık ve zararlılara dayanıklılık gibi istenilen özelliklere sahip olan bitki çeşitlerini seçme ve geliştirme konusunda önemli başarılar elde etmişlerdir (Karaağaç & Balkaya, 2017; Balkaya vd., 2020). Türkiye'de 1992 yılında yürürlüğe giren "Bitki Genetik Kaynaklarının Toplanması, Muhafazası ve Kullanılması Yönetmeliği" kapsamında ülkemizdeki çeşitliliği korumak, muhafaza etmek ve kullanmak için yönetmelik usul ve esasları dikkate alınmaktadır. Bu yönetmelik

kurumlar arasında gerçekleşen yetki paylaşımları ve mevzuatlara göre yenilenmektedir (Tan, 2010). Son yıllarda tarımsal biyolojik çeşitlilik hızla azalmaktadır. Literatüre göre, 1800'lü yılların yarısından günümüze kültür bitkilerinde biyolojik çeşitlilik kaybının %75'ten fazla olduğu belirtilmektedir (Arslan, 2010). Özellikle son yıllarda klasik ıslah programları ve biyoteknolojide yaşanan hızlı gelişmeler, bitki genetik kaynaklarıyla ilgili çalışma alanlarında büyük ilerlemelere neden olmuştur. Bu ilerlemeler, genetik çeşitliliği korumak, üretmek, yenilemek, karakterizasyonunu yapmak, ıslah ve çeşit geliştirmek için bitki genetik kaynaklarının kullanımında önemli katkılar sağlamıştır.

2. GELENEKSEL TOHUMLAR/YEREL ÇEŞİTLERİN KULLANIMI, MUHAFAZASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Yerel Çeşitler

Yerel çeşitler, biyolojik çeşitliliğin ve kültürel mirasın önemli bir bileşenidir. Bu çeşitler, binlerce yıllık kültürel birikimle birlikte ortaya çıkmış ve genetik kaynaklar içinde en önemli ve en kolay erişilebilir olanlarından birisi olmasına rağmen, aynı zamanda en fazla genetik erozyona uğrayan gruptur (Taş vd., 2017). Yerel çeşitler; insanlar tarafından kalite özellikleri yönünden yüksek olan, yöre şartlarına uyum sağlamış genotiplerin seçilmesi ve gelecek generasyonlarda da seleksiyona devam ederek seçilmiş tohumlarla yetiştiriciliğin sürdürülmesinin yanında doğal seleksiyon etkisi ile ortaya çıkmıştır. Yerel çeşitlerin içerdiği zengin genetik çeşitlilik, üstün nitelikli kaliteli çeşitlerin geliştirilmesi için kullanılacak hammadde niteliği taşımaktadır (İnal, 2013). Avrupa Birliği mevzuatında muhafaza çeşitlerinin tanımlanmasında kullanılan 'landrace' terimi, bitki türlerinin yetiştiği bölgenin coğrafi şartlarına adapte olmuş klon ve popülasyon gruplarını tanımlamaktadır. Ancak ülkemizde kanunun ilk çıktığı dönemlerde Türkçe'ye önce 'köy çeşidi', daha sonra da 'yerel çeşit' olarak tercüme edilmesi nedeniyle günümüze kadar bu şekilde gelmiştir (Yanmaz, 2010). Sıklıkla kullanılan "ata tohumu" ifadesi teknik olarak yanlış bir ifadedir. Kullanılacak doğru terim ise yerel çeşit, yerel tohum veya köy popülasyonu olmalıdır. Günümüzde yerel çeşit kavramı, birçok araştırmacı tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. Arslan (2010), köy (yerel) çeşitlerini korumasız ve yerel olarak yetiştirilen çeşitler olarak tanımlamıştır. Bu çeşitlerin, çiftçiler tarafından yıllar boyunca belirli amaçlara veya özel yetiştirme koşullarına uygun olarak seçilmiş ve geliştirilmiş çeşitler olduğunu ifade etmiştir. İnal (2013) ise çiftçilerin uzun yıllar boyunca yetiştirme süreçlerinde kendi beğeni ve tercihleri doğrultusunda seleksiyonla ıslahını yaptıkları ve yetiştiricilik yaptıkları bölgeye uyum sağlamış kültür bitkilerine ait çeşitlerini yerel çeşit ya da köy çeşidi olarak tanımlamıştır. Taş vd. (2017), yerel çeşitleri, yetiştikleri çevre koşullarına adapte olmuş, klasik ıslah programlarına dahil edilmemiş ve yetiştiricinin kullanımı, bilgisi, alışkanlıkları ve gelenekleriyle yakından ilişkili değişken bir popülasyon olarak tanımlamışlardır. Bir türün geleneksel ürün özelliğini alması için oldukça uzun bir zaman boyunca belirli bir kültür

içinde kalması ve birkaç kuşağın ihtiyacını karşılamış olması gereklidir. Böylece bu kültür bitkisi nesilden nesile aktarılmış olur (Arslan, 2010). Yıllar içinde bu kültür çeşitleriyle ilgili toplanmış ve kültürel olarak yaşayan güncel bilgiler, ülkemizin bize sunduğu bir kültür mirasıdır. Yerel çeşitler, tarımsal üretimde bizim nitelikli gen kaynağımızdır. Bu nedenle bunları korumamız ve gelecek nesillere aktarmamız gerekir.

Dünya genelinde organik ürünlere ve yerel çeşitlere karşı ilginin hızla artması ve diğer birçok etkenle birlikte aşağıdaki ana özelliklerinden dolayı yerel çeşitler, modern çeşitlere göre daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır (Karagöz, 2018).

- a. Çevre sağlığı:** Geliştirilen ticari çeşitlere göre yerel çeşitlerin üretiminde daha az miktarda su ve gübre kullanılır, ayrıca bazı yerel çeşitlerin hastalık ve zararlılara karşı dayanıma sahip olması aşırı kimyasal kullanımının da önüne geçilmesini sağlar.
- b. Adaptasyon yetenekleri:** Bulundukları bölgenin çevresel, iklim ve toprak koşullarına daha fazla uyum gösterirler. Bu sebeple yetiştirildikleri farklı ekolojilerde adaptasyon yetenekleri yüksektir.
- c. Kalite:** Yerel çeşitlerden elde edilen ürünlerin kimyasal bileşenleri (lif, şeker, protein, vitamin, antioksidan, glüten) ile kalite özellikleri (renk, koku ve tat) çoğunlukla geliştirilmiş çeşitlere kıyasla daha üstündür. Her bölgenin kültürel olarak kendine has yemek ve beslenme alışkanlıkları vardır; yerel çeşitlerin kullanımı ile alışılmış özgün tatlara kolaylıkla ulaşılabilir.
- d. Sürdürülebilirlik ve devamlılık:** Adaptasyon yeteneklerini geliştirmiş oldukları için ekstrem koşullarda bile istikrarlı verim sağlayarak sürdürülebilir gıda güvenliğini temin etmemize yardımcı olurlar. Yerel çeşitler, genetik ve görünüş olarak geliştirilen modern çeşitlere kıyasla daha çok çeşitlilik içerir. Örneğin, yerel bir buğday çeşidinin içerisinde farklı boy, başak şekli ve tane rengine sahip bireyler olabilir. Bu durum, klasik ıslah yöntemleriyle geliştirilmiş çeşitlerde tamamen farklıdır. Ayrıca, bitki ıslah programlarının önemli bir parçası olan ve yüksek düzeyde farklılık içeren yerel çeşitler, bitki genetik kaynak koleksiyonlarının önemli bir parçasını oluşturur.

Yerel çeşitlerdeki genetik çeşitlilik düzeyleri, popülasyonun yapısı, çeşidin ıslah metotları (izolasyon, mutasyon, genetik kayma, gen akışı, popülasyon büyüklüğü vb.), çevre kaynaklı doğal seleksiyon (iklim, toprak, topoğrafik yapı, hastalıklara dayanım yeteneği, biyotik faktörler tarafından rekabeti artıran sulama, gübreleme, hasat, depolama vb. gibi kültürel işlemler ve insan kaynaklı seleksiyon ile yönetim (erkencilik, tohum rengi, bitki büyüklüğü, çiçek yoğunluğu, hastalıklara dayanıklılık, tat vb.) gibi unsurlardan etkilenmektedir (İnal, 2013). Bitkisel genetik kaynaklarının korunması ve çeşit ıslah programlarının daha etkin

biçimde kullanılması bitki özelliklerinin belirlenmesi ile aksesyonların oluşturulması, genetik varyasyonun bulunması ve bunlardan ıslah programlarında yararlanılması ile ilişkilidir. Bu nedenle, genetik kaynaklardan etkin bir şekilde yararlanabilmek için öncelikle bir ülkenin sahip olduğu bitkisel gen havuzu içerisindeki fenotipik ve genotipik çeşitliliğin ayrıntılı olarak araştırılması gerekmektedir (Che vd., 2003).

Bugün, tescil edilmemiş ticari tohumluk satışının yasaklanması ve yüksek verimli modern çeşitlerin doğrudan yerel çeşitlerin yerine geçmesi nedeniyle yerel çeşit yetiştiriciliği giderek azalmaktadır (İnal, 2013). Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan yerel çeşitlerle ilgili kapsamlı bir listenin olmaması yüzünden şu anda hangi yerel çeşitlerin üretiminin devam ettiği ve hangilerinin kaybolduğu tam olarak bilinmemektedir (Taş vd., 2017). Yerel çeşitlerin gen erozyonuna uğraması, aynı zamanda yörede yaşayan halkın bu çeşitlerle ilgili kültürel ve geleneksel (etnobotanik) bilgilerinin de yok olmasına neden olabilmektedir. Yerel çeşitlerin yetiştiriciliğini yapan ve bu çeşitlerin sahip olduğu zengin genetik çeşitliliğin sürdürülmesine katkı sağlayan küçük üreticiler, son yıllarda hibrit çeşitlerle yetiştiriciliğe yönelmişlerdir. Bununla birlikte, nüfus miktarındaki artış, gelir dağılımındaki dengesizlikler, toprak yapısının biyolojik ve kimyasal olarak bozulması, değişen iklim şartları gibi faktörlerde, yerel kültür bitkilerine ait genetik kaynaklarda erozyona neden olmuştur. Bu sebepten dolayı, yerel çeşitlerin tohum ve arazi gen bankalarında, ya 'ex situ' (kendi yetiştikleri ortamın dışında muhafaza edilerek) ya da 'in situ' (çiftçi şartlarında muhafaza edilerek) korunması gerekmektedir. Çok sayıda ülkede genetik erozyonu engellemek ve mevcut genetik çeşitliliğin korunması amacıyla tohum gen bankaları kurulmuştur. Yerel çeşitlere ait binlerce tohum örneği bu tohum gen bankalarında düşük sıcaklıklarda tohum nem düzeyleri azaltılarak (-18 °C'de uzun süreli (temel koleksiyon), 0 °C'de orta süreli (aktif koleksiyon)) muhafaza edilmektedir. Ülkemizde 1974 yılında Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü (ETA) bünyesinde uluslararası standartlara sahip tohum gen bankası kurulmuştur (Balkaya & Yanmaz, 2001). Birçok kültür bitkisine ait yerel çeşitler bu tohum gen bankasında muhafaza edilmektedir. Bitki gruplarına göre incelendiğinde gen bankasında muhafaza edilen tohum örneklerinde %23'lük payla tahıllar ilk sırada yer almaktadır. Tahılların ardından, sırasıyla sebzeler, yemeklik dane baklagiller, yem bitkileri, endüstri bitkileri, tıbbi ve aromatik bitkiler ile süs bitkileri grupları gelmektedir (Aykaç vd., 2016). Ülkemizin ikinci tohum gen bankası, mevcut koleksiyonların emniyet yedeklerini bünyesinde bulunduran Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü bünyesinde yer alan Türkiye Tohum Gen Bankası'dır. Gen Bankası'nda muhafazası yapılan yerel çeşitler bitki gruplarına göre incelendiğinde, en yüksek oranın %89 ile tahıllarda ve en düşük oranın ise %1 ile sebzelerde olduğu bildirilmiştir (Taş vd., 2017). Tohum gen bankaları, genetik çeşitlilik kaybını önlemek için etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak, bitkilerin kendi doğal ortamlarında var olan dinamik evrim sürecini taklit etmeleri mümkün değildir. Ülkemizde bulunan yerel meyve ve bağ genetik kaynakları tür bazında tanımlanmış ve çeşitli araştırma enstitüleri tarafından arazi gen bankalarında koruma altına alınmıştır.

Ülkemizde doğal olarak yetişen birçok yabani sebze türü mevcuttur. Bu sebzeler arasında kuzukulağı, ebegümesi, kırçan, şevketi bostan, deniz börülcesi, madımak ve kaldırayak gibi örnekler verilebilir. Birleşmiş Milletler Çevre Fonu tarafından desteklenen ve yürütücülüğünü Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM)'nün gerçekleştirdiği “İnsan Refahı ve Beslenmesinin İyileştirilmesi İçin Biyoçeşitlilik Koruma ve Sürdürülebilir Kullanımının Düzenlenmesi Projesi” dahilinde, ülkemizde doğal olarak yetişen 60 farklı yabani sebze türünün besin içerikleri belirlenmiştir (Karaağaç & Balkaya, 2017). Ancak mevcut durumda, yabani sebzelerin tohumlarının muhafazası, çoğaltımı ve ticarileştirilmesine yönelik araştırma sayısı oldukça kısıtlıdır. Yerel çeşitlerin in situ muhafazası, sırasıyla yetiştirilen ürünlerle etkileşim içinde olarak doğal evrim ve adaptasyon süreçlerinin korunmasını sağlar. Bu durum, çiftçilere ekonomik fayda ve geçim kaynağı sağlar, aynı zamanda kullandıkları genetik kaynakları sürdürmelerini ve kontrol etmelerini mümkün kılar. Bu kaynaklara istedikleri zaman erişebilmeleri de mümkün olur.

Ülkemizdeki yerel çeşitlerin gen kaynaklarının halka tanıtılması, üretimlerinin artırılması, korunması, ıslah çalışmalarında kullanılarak gelecek nesillere aktarılması amacıyla Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından “Yerel Tohum Buluşmaları” adı altında çalışmalar başlatılmıştır. Ayrıca, “Mirasımız Yerel Tohum” projesi kapsamında yerel tohumların çoğaltılması, karakterizasyonlarının yapılması, kayıt altına alınması ve tescil işlemleri Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesindeki kuruluşlar olan Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM), Tarımsal İşletmeler Genel Müdürlüğü (TİGEM) ve Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü (BÜGEM) tarafından yürütülmektedir. 2017-2019 yılları arasında Tarım ve Orman Bakanlığına teslim edilen ve 2019 yılı sonunda sayıları 1.131’e ulaşan yerel tohumların yarısı tohum gen bankasında koruma altına alınırken, diğer yarısı ise TİGEM, TAGEM ve BÜGEM personeline oluşan uzman ekipler tarafından istenilen özellikleri taşıyan tohumların çoğaltılması ve çeşit tescilinin yapılması süreçleri eş zamanlı olarak sürdürülmektedir. Ayrıca, Türkiye Tohumcular Birliği (TÜRKTOB) tarafından “Tohumun İzinde” adlı sosyal sorumluluk projesi kapsamında yerel çeşitlerin toplanması ve değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yürütülmektedir.

Ülkemizdeki tarla, bağ ve bahçe bitkileri ile diğer bitki türlerine ait yerel çeşitlerin korunması ve genetik erozyonun engellenmesini amaçlayan “Yerel Çeşitlerin Kayıt Altına Alınması, Üretilmesi ve Pazarlanmasına Dair Yönetmelik”, 3 Eylül 2019 tarihinde 30877 sayılı Resmî Gazetede yayımlanmıştır. Mevcut yönetmelikte, yerel çeşitleri kayıt altına almak, tohumlukları çoğaltmak, pazarlamak ve sürdürülebilir kullanımı ile ticareti yapılacak yerel çeşit tohumluklarının üretimi, piyasaya arzı ve denetimleri için usul ve esaslar belirlenmiştir. 2006 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren 5553 sayılı kanunun dördüncü maddesinde bitki çeşitlerinin tescili, üretim izni ve standart tohumluk çeşit kaydı ile genetik kaynakların kütüğe kaydedilmesinin Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yapıldığı belirtilmiştir. İlgili kanunun beşinci maddesinde, “Bakanlık tarafından, bitkisel ve tarımsal

özellikleri belirlenerek sadece kayıt altına alınan çeşitlere ait tohumların üretimine izin verilir.” hükmü bulunmaktadır. Yedinci madde ise “Yurtiçinde sadece kayıt altına alınmış çeşitlere ait tohumların ticaretine izin verilir.” ifadesini içermektedir. Buna göre, bakanlık tarafından kayıt altına alınan yerel tohumların iç ticaretinde herhangi bir sakınca yoktur. Dolayısıyla, 5553 sayılı kanunda yerel tohumların satışına yönelik herhangi bir hapis cezası veya yasak bulunmamaktadır. Ancak, çiftçilerin kendi ürettikleri yerel ürünlerden tohum ayırıştırarak diğer çiftçilere satmalarına yönelik yaptırımlar bulunmaktadır.

Yerel çeşitlerimizin korunması ve ticari pazar üretiminde daha geniş bir paya sahip olması için atılması gereken adımlar aşağıda maddeler hâlinde sıralanmıştır (İnal, 2013; Karaağaç & Balkaya, 2017).

- a. Mevcut genetik kaynaklara ıslahçıların daha kolay ulaşmalarını sağlamak, yerel çeşitlerin geliştirilmesi için önemli bir adımdır. Yurt dışındaki bazı tohum gen bankaları, var olan genetik materyalin tanımlama işlemlerini tamamlayarak çevrimiçi erişim imkânı sunmaktadır. Bu nedenle, ülkemizde bulunan ulusal tohum gen bankasındaki yerel genetik kaynaklar Avrupa Gen Bankaları Entegre Sistemi (AEGIS) ve Avrupa Tarama Kataloğu (EURISCO) içinde taranabilmesi için karakterizasyon çalışmalarının hız kazanması gerekmektedir.
- b. Ülkemizde yerel gen kaynaklarının toplanması amacıyla birçok bilimsel araştırma gerçekleştirilmiştir. Ancak, araştırma süreci veya seleksiyon ıslahı tamamlandığında, mevcut olan yerel materyaller genellikle elenir veya tohum yenileme çalışmaları tekrarlanmaz ise bu durumda zamanla tohumlar canlılıklarını kaybeder.
- c. Çiftçi koşullarında muhafazaya yönelik agromorfolojik, sosyoekonomik ve ekocoğrafik surveylere dayalı çalışmalar, başta buğdaygiller ve baklagiller gibi anavatanı veya genetik çeşitlilik merkezi Anadolu olan birçok bitki türü ile yerel çeşit yetiştiriciliğinin önemli olduğu alanlarda sürdürülmelidir.
- d. Çiftçilerin isteklerini dikkate alarak, yöresel çeşitlerin yeni ticari çeşitlerin geliştirilmesinde katılımcı bitki ıslahı kapsamında aktif olarak rol alması oldukça faydalı olabilir. Günümüzde, biyotik ve abiyotik streslere karşı dayanıklı veya toleranslı hibrit çeşitlerin geliştirilmesinde kullanılan nitelikli genitörlerin birçoğu, tohum gen bankalarında saklanan materyallerde bulunmaktadır. Bu nedenle, Ulusal Tohum Gen Bankası’nda yer alan yöresel materyallerin belirtilen hedeflere ulaşmak için taranması önemlidir.
- e. Yerel çeşitlerle, ticari çeşitlerin yetiştiriciliğinde üretici yönelimlerinin dengelenmesi için geliştirilecek politikaların uygulanması oldukça yararlı olabilir. Ülkemizde yerel genetik materyallerin sadece seleksiyon ıslahı yöntemleriyle geliştirilerek ticari çeşitlerle yarışması ve yaygınlaşması olasılığı çok zor görünmektedir. Bu genetik

materyallerin bazı üstünlükleri olmasına rağmen, verim potansiyellerinin düşük olması, çeşit safiyetlerinin sağlanamaması, muhafaza sürelerinin kısa olması ve stres altında hassasiyet göstermeleri gibi olumsuz özellikleri yaygınlaşmalarını engellemektedir. Ayrıca, standart çeşit tohumluklarının uygun fiyatlı olması ve kâr marjının düşük olması, tohumluk üretiminde gerekli özenin gösterilmemesine neden olmaktadır. Bu nedenle, değişik özelliklere sahip genetik materyallerin melezleme çalışmalarıyla özelliklerinin iyileştirilerek yerli hibrit çeşitlere dönüştürülmesi gerekmektedir.

- f. Farklı özelliklere sahip yerel çeşitlerin, coğrafi işaret/tescil çalışmalarının daha çok yaygınlaşmasını sağlayarak tanınırlıklarının artırılması önemlidir. Yerel sebze çeşitlerinin geliştirilmesi amacıyla yapılan çalışmaların, hibrit çeşit haline getirilme sürecinin uzun olması, özel sektör firmaları için maliyet ve riskleri artırmaktadır.
- g. Resmi ve özel kuruluşlar ile sivil toplum örgütlerinin iş birliği ve faaliyetleri, yerel çeşitlerin yetiştiriciliğini ve tüketimini teşvik etmek, aynı zamanda kamuoyunu bilinçlendirmek açısından son derece kritiktir. Bu doğrultuda, TÜBİTAK'ın Sanayi AR-GE Projeleri (1511), KOBİ AR-GE Başlangıç Destek Programı (1507), Üniversite-Sanayi İş Birliği Projeleri (1505), ve TAGEM tarafından yönetilen AR-GE Destek Programı gibi desteklerden, özel tohum firmalarının daha geniş kapsamda yararlanması sağlanmalıdır.

2.2. Günümüzde Tarımsal Üretimde Kullanılan Geleneksel Çeşitler ve Tohum Üretimleri

Bitkisel üretimde ideal niteliklere sahip olan çeşitlerin kullanımıyla verim ve kalite artışı sağlamak mümkün olabilmektedir. Çeşit özelliği taşımayan generatif ya da vegetatif materyallerle yapılan üretimlerde artan verim ve üstün kaliteden bahsedilemez. Çünkü bir çeşit, yapılan bir ıslah çalışması sonrasında geliştirildiği için, sahip olduğu özellikler diğer çeşitlerden farklı olabilir. Bu özellikler genellikle belirli bir amaca veya ihtiyaca yönelik olarak seçilir veya geliştirilir (Yanmaz, 2006). Günümüzde tarımsal üretimde kullanılan çeşitler 3 grup altında sınıflandırılmaktadır.

- a. **Açıktaki tozlanan çeşitler:** Tohum üretiminde gerekli izolasyon mesafeleri sağlanarak serbest tozlanmaya izin verilen çeşitlerdir. Verim, kalite, dayanıklılık ve gelişme performansları değişkenlik gösterebilir (Yanmaz, 2006). Bu çeşitlerin tohumları ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı genetik yapılar, bir bitki türünün yabancı tozlanma miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla, yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmek isteyen üreticilerin kendi tohumlarını kendileri alması önerilmez. Gereken izolasyon mesafesinin üretici tarafından ayarlanamaması ve tarla kontrollerinin yapılmaması, özellikle yabancı tozlanma miktarı fazla olan türlerde başlangıçtaki çeşit özelliklerinin hızla kaybolmasına ve ilerleyen generasyonlarda tohum veriminde azalmalara neden olabilir. Sağlıklı bir

yetiştiricilik için üreticilerin her üretim döneminde sertifikalı tohum kullanmaları önemlidir.

b. Sentetik çeşitler: Sentetik çeşit ıslahı günümüzde en çok şekerpancarı ve yem bitkilerinde uygulama alanı bulmuştur (Balkaya vd., 2021). Bu çeşitler, kendilenmiş birkaç hattın serbest tozlaşmaya bırakılmasıyla elde edilirler. Uygun hat karışımlarını oluşturmak uzun zaman alıcı olabilir ve bu karışımların formülü ıslahçının kontrolü altındadır, bu nedenle her yıl yenilenmeleri gerekebilir. Bu yöntem özellikle erkek kısırılık ve uyumsuzluğun yaygın olduğu türlerde kullanım alanı bulmaktadır.

c. Hibrit çeşitler: Açıkta tozlanan çeşitler veya sentetik çeşitler, her zaman istenilen verim ve kalite özelliklerine ulaşamamaktadır. Açıkta tozlanan çeşitler, uygun verim ve kalite özelliklerine sahip olsalar bile, özellikle farklı hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık gösteremeyebilir. Hibrit çeşitler ise kontrollü koşullarda farklı genetik özelliklere sahip en az iki ebeveynin veya hibritin melezlenmesiyle oluşur. Hibrit çeşit ıslahının temel amacı, üstün melez gücü elde etmek amacıyla uygun olan homozigot ebeveyn genotiplerini birleştirmek ve melez popülasyonunda üstün F1 melez genotipini oluşturmaktır (Yanmaz, 2006; Balkaya vd., 2021). Melez bitkiler, birçok lokusta farklı genotiplere sahip olmalarına rağmen, melez bitkilerin tümü benzer fenotipe sahiptir. Bu nedenle, melez bir çeşit, kendiliğinden oluşturulan hatlar, kendine tozlanan bitkilerin saf çeşidi veya klonal olarak çoğaltılan bir hat gibi tek tip olabilir (Balkaya, 2008). Geliştirilen bir çeşidin üreticiler tarafından kabul edilmesi genellikle 2-3 yıl alır ve rekabet nedeniyle popüler hale gelip satışının yapılabilmesi ise 3-10 yıl sürebilir. Bu nedenle, geliştirilen çeşitlerin üretime katılabilmesi için tanıtım ve satış sonrası hizmet faaliyetlerine ihtiyaç vardır.

Tohumluk üretiminin açıkta tozlanan çeşitlere göre daha zor ve maliyetli olmasına rağmen, hibrit çeşitlerinin hızla gelişmesi dikkat çekicidir. Hibrit çeşitlerin hızla gelişiminin nedenleri şu şekilde sıralanabilir (Yanmaz, 2006).

- a.** F1 hibrit çeşitlerinin yüksek verim potansiyeli, heterozis olgusundan kaynaklanmaktadır. Bu çeşitler, ebeveynlerin ortalama büyüklük ve gücünden daha fazla artış gösterirler. Heterozis genellikle bitkilerin vegetatif organlarında büyüme, generatif organlarda ise sayıca artışa neden olur.
- b.** Daha geniş adaptasyon yeteneğine sahip olan hibrit çeşitler, özellikle olumsuz çevre koşullarında verimli ve kaliteli ürünler verebilme özelliğine sahiptir.
- c.** F1 hibrit gücü ıslahıyla, çeşitli hastalıklara karşı dirençli ve tarımsal yönden üstün çeşitler, diğer ıslah metodlarına göre daha hızlı bir şekilde elde edilebilir. Ülkemizde ve dünyada tarımsal ürün kayıplarının en büyük nedeni genellikle hastalıklar ve zararlılardır. Dayanıklı çeşitler verim ve kaliteyi artırmasının yanında kullanılan ilaç miktarını azaltarak ürünlerin sağlık değerini artırır.

- d. F1 hibrit çeşitlerinin üretimi, yalnızca ebeveynlerini bilen ve bu kaynağa erişimi olan kişi veya kuruluşlar tarafından gerçekleştirilebilir. Bu sebeple, geliştirilecek yeni bir F1 hibrit çeşidinin, başka tohum üreticileri tarafından kolayca üretilip çoğaltılması zordur. Son zamanlarda F1 hibrit çeşitleri üzerine yapılan çalışmaların özel tohum firmaları tarafından gerçekleştirilmesinin en önemli sebeplerinden birisi de budur.

Dünya nüfusundaki artış, tarım ve dolayısıyla tohumculuk sektörünü sürekli olarak büyüyen dinamik bir sektör olmasını sağlamaktadır. Küresel düzeydeki değişimler, teknolojik ilerlemeler ve şirket birleşmeleri gibi gelişmeler, tohumculuğu hızla yenilenen güçlü ve dinamik sektörler arasında yer almasını sağlamaktadır (Balkaya vd., 2015). Günümüzde dünya ticari tohumluk üretim değeri yaklaşık 62,9 milyar doları bulmuştur. Uluslararası tohum ticaretinde önde gelen ülkeler sırasıyla Hollanda, Fransa, ABD ve Almanya'dır. Türkiye ise dünya tohum ticaretinde 13. sırada yer almaktadır (TÜRKTOB, 2021). Hibrit çeşit ıslahının ve farklı amaçlar için üretilen çeşitlerin en yaygın olduğu sektör, sebze tohumculuğu sektörüdür (Balkaya vd., 2020). Günümüzde tüketicilerin alım gücünün artması ve bilinçlenmesi ile birlikte, besin değeri yüksek fonksiyonel sebzelere olan talepler artmaya başlamıştır. Bu kapsamda ülkemizde verimi düşük ancak yüksek kaliteli yerel çeşitlerin ve köy popülasyonlarının değerlendirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Bu nedenle son yıllarda besin içerikleri yönünden zengin ve sağlık değeri yüksek olan köy tipi hibrit çeşitler geliştirilmeye başlanmıştır.

Üretimde kullanılan hibrit çeşitlerin ülke içinde geliştirilip üretilmesi, ticari tohum materyalinin hem iç pazarda hem de uluslararası arenada satılmasıyla ülke ekonomisine katkı sağlayabilir. Türkiye'nin sebze tohumculuk sektörünün ilerlemesinde, özel sektörün rolü oldukça önemlidir. Son zamanlarda, özel şirketlerin geliştirdiği bazı yerli çeşitler, yabancı çeşitlerden daha üstün özellikler sunarak pazarda önemli bir pay elde etmiştir.

3. ORGANİK TARIMDA YEREL ÇEŞİTLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ORGANİK TOHUM ÜRETİMİ

Organik tarım, biyoçeşitliliği, biyolojik döngüyü ve toprak biyolojik aktivitesini teşvik eden bir üretim sistemi olarak kabul edilir (Uzun, 2007). Ayrıca, sentetik gübre ve pestisit kullanmayan, genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) içermeyen, minimum çiftlik dışı girdi kullanımına ve kültürel işlemlere dayalı spesifik ve standartları olan alternatif bir üretim sistemidir (Hakyemez vd., 2013). Geleneksel tarımda kullanılan kimyasallar, toprak, hava ve su dengesini bozarak biyoçeşitliliğe ve ekosisteme zarar vermektedir. Dolayısıyla sürdürülebilir bir tarım ve biyoçeşitliliğin korunmasını hedefleyen en önemli tarımsal uygulamalardan birisi de organik tarımdır.

Sanayileşme ve kentleşmeye paralel olarak başta ormanlık ve step alanlar olmak üzere doğal nitelikteki alanların hızla yitirilmesi, canlılar için önemli yaşam alanlarının yok olmasına yol açmaktadır. Bu durum canlıların soylarının sürmesi açısından bir tehlike ve

tehdit olarak ortaya çıkmaktadır. Organik tarım, ekosistemdeki doğal dengeyi yeniden inşa etmeye yönelik, insanlığa ve çevreye uyumlu üretim sistemleri içermektedir, bu da bazen yanlış müdahale ile dengesi bozulan ekolojik sisteme, kaybolan doğal dengesini tekrar kazandırmayı içerir. Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de özellikle endemik bitki türlerinin soylarının sürmesi ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından doğa dostu tarım sistemi olan organik tarım tercih edilmelidir. Mevcut biyoçeşitliliğin korunması için organik üretim yapanlar ve ıslahçılar birlikte çalışmalıdır. Biyoçeşitliliğin devamında, tohum bir çoğaltma birimi olarak hayati bir öneme sahiptir. Yerel genetik kaynakların tanımlanmasından sonra çeşit ıslah programlarında değerlendirilmesi ve organik tohum üretiminde kullanılması, mevcut genetik çeşitliliğin korunması ve bitkisel üretimin sürdürülebilirliği açısından son derece önemlidir (Balkaya & Uzun, 2009). Bu nedenle, birbirinden ayrılamayacak olan yerel tohumlar ile agroekolojik tarım sisteminin etkileşimi, giderek yoğunlaşan küresel iklim değişikliğinin getirdiği risklere karşı daha dayanıklı ve verimli bir tarımsal üretim sağlayarak gıda güvencesini artıracaktır (Özkaya, 2019).

Organik tarımın ana ilkelerinden birisi üretimde kullanılacak çeşitlerin üretim yapılacak bölgelere adapte olmuş yerel çeşitler olmasıdır. Yerel çeşitlerin yetiştiriciliği çoğunlukla geleneksel tarım yöntemleri kullanılarak yapıldığı için bu çeşitlere yönelim organik tarımın temel prensipleriyle uyumludur (İnal, 2013). Ayrıca, organik tarım yöntemi, yetiştirme özellikleri nedeniyle organik tarımın temel niteliğine uygun olacak şekilde, bu yöntemin gerektirdiği şartlara uygun çeşidin seçimini gerekli hale getirmektedir. Bu durum, organik üretim için gerekli olan organik tohum talebinin yeni bir üretim ihtiyacını ortaya çıkardığını göstermektedir. Organik bitki ıslahı, organik tarım koşullarına uygun şekilde yerel çeşitlerin geliştirilmesini içerir ve organik tohum üretimi potansiyelini artırır. Organik bitki ıslah yöntemleriyle elde edilen çeşitlere organik çeşit denir (Balkaya & Aslan, 2013). Organik tarımda organik çeşitler; doğal üreme yöntemleriyle çoğaltılma, sürdürülebilirlik, tarımsal biyoçeşitliliğe katkı sağlama, hastalık ve zararlılara karşı daha iyi savunma ve stres faktörlerine karşı kalın mumsu tabaka, tüylülük vb. gibi dayanım mekanizmalarının geliştirmeleri, güçlü kök sistemleri ve etkili mikorizal ilişkiler oluşturma gibi özellikler nedeniyle büyük bir öneme sahiptirler. Ancak, organik çeşitlerin geliştirilmesine yönelik çeşit ıslah çalışmaları henüz yeterli düzeyde değildir. Günümüzde birçok organik üretici hala, geleneksel yöntemlerle ıslah edilmiş ticari çeşitleri kullanmaktadır (Scialabba vd., 2002; Balkaya & Uzun, 2009). Ancak, organik tarım koşulları açısından en uygun ve yeterli niteliklere sahip çeşitlerin bunlar olduğu söylenemez. Bu nedenle, günümüzde organik yetiştiriciliğe daha uygun, adaptasyon sağlamış, güvenilir, kaliteli ve stabil verime sahip “organik çeşitlere” büyük ihtiyaç vardır (Lammerts vd., 2002).

Organik bitki ıslahı, öncelikli ıslah hedefleri, kullanılan ıslah yöntemleri ve ıslah stratejileri ile bazı özel uygulamalar yönünden geleneksel çeşit ıslah yöntemlerine göre önemli düzeyde farklılıklar gösterir (Tablo 1). Organik bitki ıslahındaki en önemli vurgu, çeşit içerisindeki

biyolojik çeşitliliğin devamlılığının sağlanmasıdır. Organik bitki ıslahında kalite unsuru, verimden daha önceliklidir. Ayrıca organik ıslahta biyotik strese dayanıklılık daha yüksektir çünkü insektisit/pestisitler hastalık ve zararlı kontrolünde kullanılmaz (Chetan vd., 2010; Balkaya & Aslan, 2013).

Tablo 1. *Organik Bitki Islahı ile Geleneksel Bitki Islahının Karşılaştırılması (Chetan vd. 2010)*

Özellikler	Organik Bitki Islahı	Geleneksel Bitki Islahı
Kullanılan ıslah yöntemleri	Radyasyon ve kimyasal kullanımının olmadığı yöntemleri içerir.	Bütün ıslah yöntemleri uygulanabilir.
Islah amacı	Kalite	Verim
Yabancı otlar ile rekabet	Yüksek	Düşük
Biyolojik çeşitlilik	Yüksek	Düşük
Genetik çeşitlilik	Geniş	Sınırlı
Kimyasal ve radyasyonların kullanımı	İzin verilmez	İzin verilir
Yetiştiricilik maliyeti	Düşük	Yüksek
Çevre kirliliği	Yok	Çok yüksek

Organik bitki ıslahı, klasik ıslah yöntemlerine kıyasla bazı güçlükler içermektedir (Balkaya & Uzun, 2009). Bu zorluklar, çeşit ıslah sürecinin uzun sürmesi, ıslah etkinliğinin düşük olması, maliyetin yüksek olması, geleneksel ıslah programlarıyla materyal değişiminin yasak olması nedeniyle gen kaynaklarının teminindeki zorluklar ile biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklılığın hızlı bir şekilde geliştirilememesi şeklinde ifade edilebilir (Balkaya & Aslan, 2013). Organik ıslah çalışmalarında, klasik ıslah ve biyoteknolojide kullanılan bazı uygulamalara izin verilmemekte (örneğin, direkt gen aktarımı, ışın ve kimyasal mutasyonlar, protoplast füzyonları), bazıları ise geçici olarak kullanımına izin verilmekte (embriyo kültürleri, in vitro tozlamalar, ovaryum ve anter kültürleri) fakat sınırlı bir şekilde tolerans gösterilmektedir (Chetan vd., 2010). Organik bitki ıslahında genetik kaynakların kısa sürede tanımlanabilmesi ve yerel çeşitlerin ayırt edilebilmesi veya seleksiyon çalışmalarında kullanılabilmesi için son yıllarda markör destekli seleksiyon çalışmalarına izin verilmektedir (Balkaya & Aslan, 2013).

Dünyada ilk organik tohum üretim çalışmaları Hollanda ve Fransa'da başlamıştır (Balkaya vd., 2020). Hollanda, İsrail, Fransa, ABD gibi ülkelerde halen organik tohum üretimi yapılarak birçok ülkeye organik tohum ihraç edilmektedir. Genetik çeşitlilik yönünden

çok zengin olan ülkemizde organik tarımda değerlendirilmek amacıyla yürütülen organik sebze ıslah çalışmaları ve organik tohum üretim çalışmaları yok denecek kadar azdır (Balkaya & Aslan, 2013; Balkaya vd., 2020). Organik tarım mevzuatında organik tohum kullanımının öngörülmesine rağmen, organik tohum üretiminde ülkemizin yetersiz kalması nedeniyle mevzuatta yer alan istisna maddesi çerçevesinde konvansiyonel tarım ile elde edilmiş tohumların kimyasal işlem görmemiş olması kaydıyla kullanımına izin verilmektedir. Organik tohum üretimi Avrupa Birliği ülkelerinde konvansiyonel tohum üretimiyle aynı yönde gelişirken, ülkemizde organik tohum üretimi yapan firma sayısında istenilen düzeyde bir artış sağlanamamıştır (Duman, 2015). Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, 2005 yılından bu yana organik sertifikaya sahip sebze tohumu üretimi gerçekleştirmektedir. Bu enstitü Türkiye’de organik sebze tohum üretimini başlatan ilk kurumdur. Organik olarak üretilen bu sebze tohumları özel sektör ve üreticiler için satışa sunulmaktadır. Tüm çeşitler, açık tozlanan yöntemle üretilmiş olup enstitüdeki ıslah programlarıyla geliştirilmiştir. Ayrıca, organik sebze üreticileri sertifikasız organik tohumlara,

- Kendilerinin yaptığı organik üretimlerden,
- Benzer şekilde organik üretim yapan komşularından,
- Organik pazarlarda yer alan sebzelerden,
- Dernekler veya belediyeler tarafından gerçekleştirilen organik tohum takas şenliklerinden, temin edebildikleri bilinmektedir (Balkaya vd., 2020).

Günümüzde organik bitki yetiştiriciliğinde önemli bir sorun olan organik tohum kullanımı, öncelik olarak organik tohum üretiminin ve kullanımının teşvik edilerek yaygınlaştırılması ile çözülebilir. Bu sorunun çözümü için özellikle özel sektörde tohum üretimi yapan kuruluşların maddi yönden teşvik edilmesi gereklidir. Türkiye’de tohum üreten özel işletmelerin alt yapıları ve deneyimleri bu konuda yeterlilik göstermektedir. Organik tohum üretimine paralel olarak kullanılan organik priming teknikleri ve bu tekniklerle birleştirilerek gerçekleştirilen kurutma uygulamalarıyla ilgili yapılan çalışmaların devam etmesi son derece önemlidir (Sivritepe & Sivritepe, 2019). Bu çalışmalar, organik tarımın temel ilkelerine uygun tohum üretim yöntemlerinin geliştirilmesine olumlu yönde katkı sağlar. Organik priming teknikleri, tohumların çimlenme yeteneğini artırırken, organik tarımın gerektirdiği doğal ve çevre dostu yaklaşımlarla uyumlu bir şekilde gerçekleştirilir. Bu sayede organik tarıma uygun kaliteli ve verimli tohum üretimi sağlanabilir ve organik tarımın sürdürülebilirliği artırılır.

4. SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIMDA GENETİĞİ DEĞİŞTİRİLMİŞ ORGANİZMALARIN (GDO) KULLANIMI VE GENETİK KAYNAKLAR ÜZERİNE ETKİLERİ

Genetik mühendisliği uygulamaları, son yıllarda dünya çapında birçok tarımsal ve ekonomik açıdan önemli bitki türündeki sorunların çözümü için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmaların sonucunda genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO'lar) veya transgenik çeşitler geliştirilmiştir (Belge vd., 2008; Özgen vd., 2015). Biyoteknolojik yöntemlerle bir bitkinin genomuna başka bir organizmadan yapılan gen aktarımı sonrasında elde edilen bitkiye “transgenik bitki” adı verilmektedir (Hatipoğlu, 2016). Transgenik çeşitler, zararlılara ve yabancı otlara karşı direnci artırarak tarımsal üretimde kayıpları azaltabilir. Bu da dolaylı olarak tarımsal üretimde kârlılığı artırabilir (Demir & Kurt, 2012). Bununla birlikte transgenik çeşitler, üretim maliyetlerini düşürmelerinin yanı sıra, verim ve kaliteyi artırma ve tarımsal zararlılarla mücadele ilaçlarının kullanımını azaltmaları nedeniyle tercih edilmektedir (Balkaya, 2008). ABD’de *Bt* geni taşıyan transgenik pamuk yetiştiren çiftçilerin, geleneksel pamuk çeşitlerini yetiştiren çiftçilere kıyasla yaklaşık olarak yarı yarıya daha az insektisit kullandıkları iddia edilmektedir. Literatürde 1998 yılında pamuk için kullanılan insektisit miktarının 1000 ton daha az olduğu belirtilmektedir (Demir & Kurt, 2012).

İlk transgenik bitki 1982 yılında elde edilmiştir (Hatipoğlu, 2016). Dünyada ilk ticari transgenik bitki tarımı, 1992 yılında Çin’de tütün mozaik virüsüne karşı dayanıklı hale getirilen bir tütün çeşidiyle başlamıştır (James, 1997). Ayrıca, ticari olarak yetiştirilen ilk transgenik bitki olan bir domates çeşidi, raf ömrünü uzatmak amacıyla poligalakturonaz antisens RNA oluşumunu sağlayan bir genin aktarılmasıyla ABD’de 1994 yılında Flavr Savr adıyla tescil edilmiştir (Espin & Santamaria, 2014). Ancak yüksek üretim maliyetleri nedeniyle bu transgenik domates çeşidi kısa sürede piyasadan kaldırılmıştır. Günümüzde çeşitli biyoteknolojik uygulamalar sonucunda buğday, çeltik, mısır, hardal, tütün, kolza, patates, şeker kamışı, pamuk, şeker pancarı, yonca, domates, lahana, biber, kavun ve kabak gibi yaklaşık 15 farklı türde, 100’den fazla transgenik çeşit elde edilmiş ve ticari olarak üretime başlanmıştır (Özgen vd., 2015). Dünyada transgenik soya ekimi yapılan alanların bu bitkinin toplam üretim alanları içerisindeki oranı %82, pamukta bu oran %68 ve mısırdaki ise %30’dur (Hatipoğlu, 2016). Gelecekte transgenik muz, elma, turuncgil, kavasa, yer fıstığı, hardal, şeker kamışı, ayçiçeği, patates ve buğdayın transgenik çeşitlerinin ticarileştirilmesi beklenmektedir (James, 2014). Bununla birlikte günümüzde transgenik bitki tarımında kısa zamanda gerçekleşen hızlı artışa karşı bu bitkilerin tarımı ve ticaretiyle ilgili tartışmalar halen sürmektedir. Dünya kamuoyunda transgenik çeşitlerle ilgili üç farklı görüş grubu bulunmaktadır (Hatipoğlu, 2016).

Birinci grup: “Transgenik bitkiler, klasik bitki ıslah yöntemiyle geliştirilen bitkilerden kesinlikle farklı değildir. Bu bitkilerin tarımıyla ortaya çıkabilecek riskler, geleneksel yöntemlerle geliştirilen bitki çeşitlerinin tarımında ortaya çıkabilecek risklerden farklı değildir” görüşünü savunmaktadır. Bu grup, teknolojik gelişmeleri sunan uluslararası şirketler ile bu şirketlere yakın bilim adamlarının görüşlerini içermektedir.

İkinci grup: “Transgenik bitkilerle yaygın olarak yapılan tarım, insan sağlığı ve çevre üzerinde büyük tehditler oluşturmaktadır” görüşünü savunmaktadır. Bu grupta ise çevre örgütleri yer almaktadır.

Üçüncü grup: “Bu iki cephe arasında yer alan ve transgenik bitkilerin yaygın olarak yetiştirilmesinin bazı riskleri beraberinde getirebileceği, bu nedenle bu bitkilerin tarımına geçilmeden önce yetiştirilecekleri çevrelerde risk açısından detaylı olarak araştırmalar yapılmalı ve tüketiciye seçme hakkı verilmesi açısından bu tip bitkilerden üretilen gıdalarda etiketleme yapılmalıdır” görüşünü savunmaktadır. Bu grupta ise bağımsız bilim insanları bulunmaktadır.

Dünyada gelişmekte olan çoğu ülke, transgenik ürünlerin üretimi ve ticaretiyle ilgilenirken, araştırmaların yanı sıra düzenlemeler ve kurallar oluşturarak bu alandaki faaliyetleri denetlemektedir. Dünyada birçok ülke, uzun vadede transgenik ürünlerin sağlık ve çevre açısından potansiyel riskler taşıyabileceği endişesiyle tüketicileri korumak amacıyla transgenik ürünlerin onaylanması, etiketlenmesi ve pazarlanması ile alakalı bazı düzenlemeler yapmıştır (Açıkgöz, 2005). Türkiye’de 2010 yılında yapılan bir düzenlemeyle tüm biyoteknolojik ürünlere etiket zorunluluğu getirilmiştir. Gen teknolojisi ile üretilen çeşitlerin global ve ulusal düzeyde benimsenmeleri ile ilgili görüşler aşağıda sıralanmıştır (Abak, 2021).

- a. Transgenik çeşitlere kamuoyu soğuk bakıyor.
- b. Birçok ülkede katı regülasyonlar uygulanıyor.
- c. Türkiye’de transgenik çeşitlerin üretimleri yasaktır.
- d. Genom düzenleme ürünlerine yaklaşım daha sıcaktır.
- e. Ülkelerin regülasyon sistemi stratejileri farklılık göstermektedir.
 - Bazı ülkelerde (ABD, Arjantin gibi) ürün bazlı
 - Bazılarında da (AB, Yeni Zelanda gibi) süreç bazlı
- f. Süreç bazlı olanda ‘rekombinant DNA’ kullanımı esas alınıyor.
- g. Türkiye henüz regülasyon benimsemiş değildir.

Bitkisel gen kaynakları, nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme ve orman yangınları gibi bir dizi yerel fiziksel baskı altında yok olma tehdidi altındadır. Ancak, asıl tehdit, ekolojik dengenin bozulmasına yol açabilecek genetik değişimlerden gelmektedir. Son yıllarda, biyoteknoloji ve genetik mühendisliği alanlarında yaşanan önemli ilerlemeler, gen klonlaması, transformasyon, bitki rejenerasyonu, vektör sistemleri, yeni gen yapılarının oluşturulması ve doğrudan gen aktarma gibi tekniklerle birlikte farklı biyolojik sistemler arasında gen aktarımını mümkün kılmıştır (Özgen vd., 2015). Transgenik çeşitlerin tarımsal üretimde kullanımın getireceği ekolojik riskler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır (Demir & Kurt, 2012; Hatipoğlu, 2016).

- a.** Transgenik bitki tarımının yaygınlaşması, kısıtlı bir genetik tabandan geliştirilen bitkilerin kullanımıyla birlikte kültür bitkilerinde çeşitlilik kaybına neden olabilir. Bu durum, gen kaçışıyla transgenik özelliklerin organik tarımda kullanılan geleneksel çeşitlere geçmesiyle, geleneksel bitki yetiştiricilerinin olumsuz yönde etkilenmesine yol açabilir.
- b.** Transgenik bitkilerden doğada bulunan yabani akrabalarına gen kaçışlarının gerçekleşmesi biyoçeşitliliğin azalması ve 'süper yabancı otların' ortaya çıkması gibi endişeler barındırmaktadır. Transgenik çeşitlerin hızla geleneksel çeşitlerin yerini almasıyla birlikte, üretim alanlarında baskın hale gelmeleri, özellikle geleneksel çeşitler, bu çeşitlerin akrabaları, yabani otlar ve endemik bitkilerde biyolojik çeşitliliğin kaybolmasına neden olabilir.
- c.** Bakteri temelli genlerin transgenik bitkilere aktarımı sonrasında toprak mikroflorasına horizontal olarak geçme riski vardır.
- d.** Hedef dışı organizmaların, toksik transgenik proteinlerin olumsuz etkileri altında kalması tarafından söz konusu olacaktır.

Sonuç olarak, genetik olarak değiştirilmiş bitkilerin bakteriyel kökenli yeni genleri veya kısa sürede uygulamaya alınması beklenen ikinci kuşak üretimi engelleyici genleri, çevredeki diğer türlere ya da yabani bitkilere geçişlerini önlemek mümkün görünmemektedir (Özgen vd., 2015). Olumsuz sonuçlarının uzun yıllar sonra belirlenmesi halinde, bu çeşitlerin ekiminden vazgeçilmiş olsa bile, genlerinin doğadaki yayılım ve etkinliklerini diğer bitkiler aracılığıyla giderek artırarak; insan sağlığı, gen kaynakları ve ekolojik denge açısından oluşturdukları sorunları sürdürmeye devam edeceklerdir. Belirtilen bu nedenlerle, insan ve çevre sağlığı açısından gelecekteki sonuçları tam olarak bilinmeyen bakteri ve virüs kökenli genleri taşıyan transgenik bitkilerin ekimi yapılmadan önce çok yıllık sonuçları alınmalıdır. Ayrıca, yeni teknolojilerden yararlanılarak çeşit geliştirme çalışmalarında bitkisel kökenli genlere ağırlık verilmelidir.

5. SONUÇ

Tohum, tarımsal üretim için ilkaşama ve çoğu bitkinin çoğaltım materyali olarak kullanılır. Bu nedenle tohumun, ülkelerin tarım ve gıda sektörleri açısından stratejik olarak önemli bir payı vardır. Gübreler, sulama, pestisitler ve kültürel uygulamalar gibi diğer yetiştiricilik girdileri sadece tohumluğun var olan üretim potansiyelinin gerçekleştirilmesine yardımcı olmaktadır. Yerel çeşitler, biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliği açısından ve çeşit ıslah programında, tohum üretiminde nitelikli genetik kaynaklar olarak değerlendirilmeleri yönünden büyük bir önem taşımaktadır. Çok yıllık yerel çeşitlerde adapte oldukları bölgelerde yerinde korunmaları desteklenmelidir. Tarımsal üretimde geleneksel, organik ve transgenik sistemlerin ayrı ayrı veya birlikte uygulanması hem üreticiler hem de tüketiciler için önemli sonuçlar doğurabilir. Bu sistemlerin ekonomik, sosyal ve sağlık yönlerinin iyi analiz edilmesi ve gelecekte bu sistemlerin bir arada en etkili ve karlı şekilde nasıl sürdürülebileceği konusunda temel unsurların net bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Abak, K. (2021). Sebze Islahının Dünyada ve Türkiye’de Gelişimi ve Geleceği. Sebze Islah Akademisi, Antalya Tarım Online. <https://youtu.be/Iokbp2iypFI> (Erişim Tarihi: 23.10.2023).
- Açıkgöz, N. (2005). Hızla değişen gıda tüketimi karşısında yeni tohumculuk stratejilerimiz ne olmalı. *Türkiye II. Tohumculuk Kongresi*, 9-11 Kasım 2005. s.1-9. Adana.
- Arslan, N. (2010). 2010 Uluslararası biyoçeşitlilik yılı münasebetiyle tarımsal biyoçeşitlilik ve yerel çeşitlerin/ekotiplerin önemi. *Ziraat Mühendisliği*, (354), 4-9.
- Aykas, L., Taş, N., Adanacıoğlu, N., Oğur, E. & Özer, U. (2016). Ulusal tohum gen bankası. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 44-50.
- Balkaya, A., & Yanmaz, R. (2001). Bitki genetik kaynaklarının muhafaza imkanları ve tohum gen bankalarının çalışma sistemleri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 10 (39), 25-30.
- Balkaya, A., & Karaağaç, O. (2006). Vegetable genetic resources of Turkey. *Journal of Vegetable Science*, 11(4), 81-102.
- Balkaya, A. (2008). Sebzeelerde çeşit geliştirme teknikleri. *Tarım Türk Dergisi*, 3(14), 16-21.
- Balkaya, A., & Uzun, S. (2009). Türkiye sebze genetik kaynaklarının organik bitki ıslahı ile organik çeşit geliştirilmesinde kullanılabilirliklerinin değerlendirilmesi. *International Conference on Organic Agriculture in Scope of Environmental Problems*, 03-07 February 2010, Famagusta, North Cyprus.
- Balkaya, A., & Aslan, A. (2013). Organik sebze ıslahının esasları ve uygulamada karşılaşılan sorunlar. *Türkiye V. Organik Tarım Sempozyumu*, 25-27 Eylül 2013, 1: 379-384.
- Balkaya, A., Duman, İ., Engiz, M., Ermiş, S., Onus, A. N., Özcan, M., ... & Özer, M. (2015). Bahçe bitkileri tohumluğu üretimi ve kullanımında değişimler ve yeni arayışlar. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-2*, 985. Ankara.
- Balkaya, A., Duman, İ., Arın, L., Özcan, M., Demir, İ., Kandemir, D., Zengin, S., Ermiş, S., & Sarıbaş, Ş. (2020). Bahçe bitkilerinde tohum üretimi mevcut durum ve gelecek. *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-2*, 339. Ankara.
- Balkaya, A., İzgi Saraç, Y., & Tütüncü, M. (2021). *Melezleme Islahı*. Y. Yalçın Mendi ve S. Kazaz (Eds.). *Süs Bitkileri Islahı*. (s.107-144). Gece Kitaplığı Yayınevi.
- Belge, B., Kıtır, N., Bektaş, Ö., & Atalay, H. (2008). Genetiği değiştirilmiş organizmaların Türkiye ve Dünya’daki durumu. *Türkiye III. Tohumculuk Kongresi*, 202.
- Che, K. P., Liang, C. Y., Wang, Y. G., Jin, D. M., Wang, B., Xu, Y., ... & Zhang, H. Y. (2003). Genetic assessment of watermelon germplasm using the AFLP technique. *HortScience*, 38(1), 81-84.
- Chetan, D., Mehta, R., & Bhatiya, V.J. (2010). Breeding For Organic Farming Systems. <http://www.authorstream.com/Presentation/arunugale-1351115-breeding-for-organic-farming-systems> (Erişim Tarihi:01.09.2013)

- Çalışkan, T.F., Kavakoğlu, C., Arıkan, M. & Şahin, Y. (2011). Organik tarımda biyoçeşitlilik. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi 1. Ulusal Tarım Öğrenci Kongresi*, 12-14 Mayıs 2011, İzmir.
- Demir, A., & Kurt, O. (2012). Tarımsal üretimde yeni bir yaklaşım: transgenik ve organik tarım. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 102-105.
- Duman, İ. (2015). Organik fide yetiştiriciliği. *Türktob Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 4 (13): 9-11.
- Engels, J. M. M., Arora, R. K., & Guarino, L. (1995). An introduction to plant germplasm exploration and collecting: planning, methods and procedures, follow-up. *Collecting plant genetic diversity. Technical guidelines*. CAB International, Wallingford, United Kingdom, 31, 63.
- Espin, F. M. I., & Santamaria, J. M. (2014). An overall viewpoint of 30 years of genetically modified crops on the South American perspective. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 2(26), 127-134.
- Gençtan, T., Alan, R., & Yanmaz, R. (1990). Türkiye tohumculuğunun teknik ve ekonomik yönleri ve tohumluk politikasının değerlendirilmesi. *Türkiye Ziraat Mühendisleri*, 3, 8-12.
- Hakyemez, B.H., Erol T., Kutluer, F., & Tatlı, Ş. (2013). Organik tarım ile biyoçeşitliliği korunması, *Türkiye V. Organik Tarım Sempozyumu Bildiriler Kitabı-1*, 1: 300-303.
- Hatipoğlu, R. (2016). Transgenik Bitkilerin Dünü, Bugünü ve Geleceği. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel Sayı-2), 346-356.
- İnal, A. (2013). Yerel çeşitlerin önemi ve korunması. *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Teknik Broşür*, No.3, 3. Baskı. İzmir.
- James C. (1997). Global Status of Transgenic Crops in 1997. ISAAA Briefs No. 5.: 31.
- James C. (2014). Global Status of Transgenic Crops in 2014. ISAAA Briefs No. 49.
- Karaağaç, O., & Balkaya, A. (2017). Türkiye’de yerel sebze çeşitlerinin mevcut durumu ve ıslah programlarında değerlendirilmesi. *TÜRKTOB Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 23, 8-15.
- Karagöz, A. (2018). Neden yerel çeşitleri tercih etmeliyiz. <https://www.bugday.org/blog/neden-yerel-cesitleri-tercih-etmeliyiz/> (Erişim Tarihi: 23.10.2023).
- Karık, Ü. (2015). Ege ve Batı Akdeniz florasındaki Anadolu Adaçayı (*Salvia fruticosa* Mili.) populasyonlarının bazı verim ve kalite özellikleri. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 12(2), 32.
- Lammerts van Bueren, E. T., Struik, P. C., & Jacobsen, E. (2002). Ecological concepts in organic farming and their consequences for an organic crop ideotype. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 50(1), 1-26.
- Muminjanov, H., & Karagöz, A. (2019). Türkiye’nin biyoçeşitliliği: genetik kaynakların sürdürülebilir tarım ve gıda sistemlerine katkısı. *Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü*, Ankara.
- Mutlu, S., Haytaoğlu, M. A., Kır, A. & İçer, B. (2009). Ulusal gen bankası biber (*Capsicum annuum* L.) materyalinde morfolojik karakterizasyon. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 1:1. 63-91.

- Özgen, A. M., Birsin, M. A., Benlioğlu, B., Emiroğlu, H., & Önde, S. (2015). Bitki biyoteknolojisi ve biyogüvenlik: GDO'larda son gelişmeler. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1*, 255.
- Özkaya, T. (2019). Yerel tohumlar biyoçeşitlilik ve agroekolojik tarım ile sağlık arasındaki ilişkiler. *Toplum ve Hekim*, 34(4), 268-272.
- Scialabba, N.E., Grandi, C., & Hentatsch, C. (2002). Organic agriculture and genetic resources for food and agriculture. <http://www.fao.org/3/ac784e/ac784e00.htm> (Erişim Tarihi: 23.10.2023).
- Sivritepe, Ö., & Sivritepe, N. (2019). Organik domates tohumlarında kullanılan organik hidrasyon ve kurutma teknikleri fide kalitesini iyileştirmektedir. *VI. Organik Tarım Sempozyumu*, 15-17 Mayıs 2019. İzmir.
- Tan, A. (1996). Turkey: country report to the FAO international technical conference on plant genetic resource. Leipzig, Germany, 46.
- Tan, A. (2010). Türkiye gıda ve tarım bitki genetik kaynaklarının durumu, gıda ve tarım için bitki kaynaklarının muhafazası ve sürdürülebilir kullanımına ilişkin Türkiye ikinci ülke raporu. ETAE Yayın No: 141. Meta Basım. İzmir.
- Taş, N., Kırcalıoğlu, G., Kırıcı, K. K., & Özer, U. (2017). Türkiye yerel çeşit genetik kaynaklarının muhafazası. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 10(1), 48-52.
- TÜRKTOB (2021). Tarımsal Veriler. <https://www.turktob.org.tr/tr/raporlar-128> (Erişim Tarihi: 23.10.2023).
- Uzun, S. (2007). Seracılıkta Konvansiyonel/Organik Tarım Karşılaştırılması. *Organik Tarım Kongresi, Türkiye*, 1, 19-20.
- Yanmaz, R. (2006). Sebze yetiştiriciliğinde hibrit çeşit kullanımı ve çeşit önerileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15(1-2), 11-18.
- Yanmaz, R. (2010). Yerel çeşit kavramını yeniden tanımlayalım. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları (Basılmamış).

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Ahmet BALKAYA | Ondokuz Mayıs Üniversitesi |
abalkaya[at]omu.edu.tr | ORCID: 000-0001-9114-615X**

Prof. Dr. Ahmet Balkaya, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nden 1991 yılında mezun oldu. Ardından, 1991-1994 yılları arasında yüksek lisansını ve 1994-1999 yılları arasında doktorasını tamamladı. 2006 yılında doçent unvanını aldı ve 2012 yılında profesör unvanını kazandı. 2012'den beri aynı bölümde Sebze Yetiştirme Islahı Anabilim Dalı'nda görev yapmaktadır. Sebze ıslahı alanında özellikle yerel genetik kaynakların korunması, kışlık sebzelerde lahana, turp ve yaprak lahana ıslahı ile yazlık sebzelerde taze fasulye, kestane kabağı, bal kabağı ıslahı, anaç ıslahı ve tohum üretimi konularında çalışmalar yapmaktadır. Bu alanda kitapları ve birçok akademik yayını bulunmaktadır. Ayrıca, üniversite ve sanayi iş birliği kapsamında sebze ıslahı ve tohum üretimi konularında projeler yürütmektedir. Akademik danışmanlığında 7'si doktora ve 25'i yüksek lisans olmak üzere toplam 32 tez çalışması tamamlanmıştır.

**Prof. Dr. Ahmet BALKAYA | Ondokuz Mayıs University |
abalkaya[at]omu.edu.tr | ORCID: 000-0001-9114-615X**

Prof. Dr. Ahmet Balkaya graduated from Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, and Department of Horticulture in 1991. Then he completed his master's degree between 1991-1994 and his doctorate between 1994-1999. He attained the title of associate professor in 2006 and became a professor in 2012. Since 2012, he has been working in the branch of Vegetable Growing and Breeding science within the same university department. Prof. Dr. Ahmet Balkaya specializes in vegetable breeding, with a particular focus on preserving local genetic resources and breeding winter vegetables such as cabbage, radish, and kale, as well as green beans, winter squash, and pumpkin breeding, rootstock breeding, and seed production in summer vegetables. He has books and many academic publications in this field. Furthermore, he undertakes projects on vegetable breeding and seed production in collaboration with universities and industries. A total of 32 theses, 7 doctoral and 25 master's degree, were completed under his academic supervision.



BİYOÇEŞİTLİLİĞİN BESLENMEYE ETKİSİ

EFFECTS OF BIODIVERSITY ON NUTRITION

Zehra BÜYÜKTUNCER DEMİREL

BİYOÇEŞİTLİLİĞİN BESLENMEYE ETKİSİ

Zehra BÜYÜKTUNCER DEMİREL

Hacettepe Üniversitesi

Özet

Genetik, tür ve ekosistem düzeylerinde yaşam çeşitliliği olarak tanımlanan biyoçeşitlilik; diyetle besin çeşitliliğinin temel kaynağı oluşturmaktadır ve besin sistemlerinde kullanılan bitkiler, hayvanlar ve diğer organizmaların ekosistem tarafından insan beslenmesine sunulmasını sağlamaktadır. Son yıllarda iklim değişikliği, doğanın tahribatı, küreselleşme, kentleşme, endüstriyel gelişme, ekonomik kalkınma, nüfus artışı, ticaret, besin üretim sistemlerinde yoğunlaşma ve homojenleşme gibi etmenler nedeniyle doğal biyoçeşitlilik azalmaktadır. Bu durum, insan beslenmesinde besin çeşitliliğinin azalmasına, besin ögesi gereksinimlerinin karşılanamamasına ve malnütrisyonun farklı formlarının tüm toplumlarda yaygınlaşmasına neden olmaktadır. Bu doğrultuda, biyoçeşitlilik ve beslenmenin birlikte izlenmesi için besin kompozisyonu ve besin tüketimi olmak üzere iki gösterge belirlenmiştir. Bu göstergelerle ilgili yapılan çalışmalar, üretim verimini hedefleyen çok miktarda besin üretimi yerine, besin ögesi örüntü profili gelişmiş besin üretimine odaklanılmasını, beslenme-duyarlı tarım uygulamaları yaklaşımı ile ele almaktadır. Biyoçeşitliliğin beslenmeye etkisinin yönetilmesinde, yabani besin ürünlerinin kullanılması, yerel ve geleneksel besin ve besin sistemlerinden yararlanılması ve mikrobiyal biyoçeşitliliğin korunması önem taşımaktadır. Sonuç olarak insan sağlığı, içinde yaşadığı ekosistem ve ekosisteminin her bir bileşeni ile etkileşim içindedir. Bu nedenle, biyoçeşitlilik ve beslenme ilişkisi, insan sağlığının hayvan sağlığı ve çevre sağlığı ile bir bütün olarak değerlendirilmesine olanak veren tek sağlık yaklaşımı ile ele alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler

Biyoçeşitlilik, Beslenme, Besin kompozisyonu, Besin tüketimi, Yabani besin, Yerel besin sistemleri, Mikrobiyom

EFFECTS OF BIODIVERSITY ON NUTRITION

Zehra BÜYÜKTUNCER DEMİREL

Hacettepe University

Abstract

Biodiversity, defined as the diversity of life at genetic, species and ecosystem levels, is the main source of dietary diversity and ensures that plants, animals and other organisms used in food systems are provided by the ecosystem to human nutrition. In recent years, natural biodiversity has been decreasing due to the factors such as climate change, destruction of nature, globalisation, urbanisation, industrial development, economic development, population growth, trade, concentration and homogenisation in food production systems. This leads to a decrease in dietary diversity, failure to meet nutrient requirements and an increase in the prevalence of different forms of malnutrition in all societies. Therefore, two indicators which are food composition and food consumption, have been identified for monitoring biodiversity and nutrition together. Studies on these indicators address the focus on food production with an improved nutrient profiling rather than the production of large amounts of food targeting production efficiency, with the approach of nutrition-sensitive agricultural practices. In managing the impact of biodiversity on nutrition, it is important to use wild food products, utilise indigenous foods and food systems, and protect microbial biodiversity. In conclusion, human health interacts with the ecosystem and each component of it in which they live. Therefore, the relationship between biodiversity and nutrition should be addressed with one health approach that allows human health to be considered as a whole with animal welfare and environmental health.

Keywords

Biodiversity, Nutrition, Food composition, Food consumption, Wild food, Indigenous food systems, Microbiome

1. GİRİŞ

Malnütrisyon, diğer bir ifade ile yetersiz ve kötü beslenme, farklı formları ile hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde toplumların sağlıklarını tehdit etmektedir. Bugün gelişmekte olan ülkelerde sık görülen ve genellikle diyetle yetersiz enerji ve/veya protein alımından kaynaklanan zayıflık dünya üzerinde 55 milyon çocuğu; bodurluk ise 155 milyon çocuğu etkilerken; ağırlıklı olarak gelişmiş ülkelerde görülen ve diyetle aşırı miktarda enerji alımından kaynaklanan obezite beş yaş altı 41 milyon çocuğu etkilemektedir (WHO, 2017). Benzer durum yetişkinler için de geçerli olup, bir taraftan yetersiz beslenmenin diğer taraftan preobezite, obezite veya beslenme ile ilişkili bulaşıcı olmayan hastalıkların tüm dünyada önemli hastalık yükü oluşturduğu bilinmektedir. Dünya Sağlık Örgütü beslenme ile ilişkili bulaşıcı olmayan hastalıkların yılda 41 milyon ölümden sorumlu olduğunu bildirmekte (WHO, 2023); Uluslararası Diyabet Federasyonu, Dünya Kanseri Araştırma Fonu gibi organizasyonlar ise bu hastalıkların hızla artan prevalanslarına dikkat çekmektedirler (IDF, 2021; WCRF, 2023). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü istatistikleri, zirai üretimin teorik olarak tüm dünya nüfusunun enerji gereksinmesini karşılayabileceğini göstermesine karşın (FAOSTAT, 2014), toplumlarda enerji ve makrobesin ögesi alımlarında saptanan yetersizlik ve dengesizlik yanında, mikrobesein ögesi yetersizliklerinin de yaygın olarak görülmesi 'gizli açlık' tablosunu çarpıcı olarak ortaya koymaktadır (Hunter, Burlingame & Remans, 2015).

Malnütrisyonu neden olan etmenler arasında; a) yaş, gelir düzeyi vb. etmenleri içeren sosyodemografik özellikler, b) genetik ve epigenetik etmenleri içeren biyolojik özellikler, c) yaşam tarzı alışkanlıkları ve psikolojik etmenleri içeren davranışsal özellikler ve d) besin tedarik zinciri, besin sistemleri, besin porsiyon ölçüleri ve maliyeti, kentsel/kırsal yaşam koşulları, ticaret, pazarlama, küreselleşme vb. etmenleri içeren çevresel özellikler yer almaktadır. Bu etmenler arasında çevresel özellikler en önemli düzenlenebilir risk etmeni olarak kabul edilmektedir. Bu kapsamda sağlıklı beslenme küresel hastalık yükünün azaltılmasında en önemli stratejilerden biri olarak değerlendirilmektedir (WHO, 2017).

Sağlıklı beslenme; büyüme, gelişme, dokuların yenilenmesi ve vücudun fizyolojik fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için gereksinim duyduğu enerji ve besin öğelerinin vücuda alınması ve etkin şekilde kullanılmasını sağlar. Sağlıklı beslenmenin; enerji ve besin öğelerinin yeterli miktarlarda alınmasını hedefleyen yeterli beslenme, tüketim miktarlarının besin grupları arasında dengeli dağılımını sağlayan dengeli beslenme, tüm besin öğelerinin ve/veya farklı besin bileşenlerinin diyet ile alımında hem besin grupları arasında hem de besin grupları içinde çeşitliliği sağlayan çeşitli beslenme olmak üzere üç temel bileşeni vardır (TÜBER, 2022). Sağlıklı beslenme yaklaşımında, besinlerin tek başına gösterdikleri etkilerinden daha çok, bir diyetin bileşeni olarak oluşturdukları sinerjik etki dikkate alınmaktadır. Çünkü çeşitli besinlerin farklı kombinasyonlar şeklinde tüketilmesi,

insanların beslenme gereksinimlerinin karşılanmasını ve diyet kalitelerinin geliştirilmesini sağlamaktadır. Ayrıca bu besinlerin kùltùrel olarak kabulù ve mutfak gelenekleri ile uyumu da önem taşımaktadır (Hunter vd., 2015). En son 2022 yılında güncellenen Türkiye Beslenme Rehberi'nde bireylerin beslenme modellerinde besin çeşitliliğinin sağlanması önemine vurgu yapılmaktadır (TÜBER, 2022). Beslenmede çeşitliliğin kaynağını ise doğadaki biyoeitlilik oluşturmaktadır (Hunter vd., 2015).

2. BİYOEİTLİLİK TANIMI VE İNSAN BESLENMESİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Biyoeitlilik; genetik, tür ve ekosistem düzeylerindeki yaşam çeşitliliği olarak tanımlanmaktadır. Tarım ve besin için biyoeitlilik ise, biyoeitliliğin bir alt kümesi olup, tarım ve besin üretimine bir şekilde katkıda bulunan çeşitliliği ifade etmektedir. Bu tanımda tarım; bitkisel ve hayvansal üretimi, ormancılığı, balıkçılığı ve su ürünleri yetiştiriciliğini kapsayacak şekilde ele alınmaktadır. Tarım ve besin için biyoeitlilik ise; ekin, hayvancılık, orman ve su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde yetiştirilen evcilleştirilmiş bitki ve hayvanları, hasat edilen orman ve su türlerini, evcilleştirilmiş türlerin yabani akrabalarını, besin ve diğer ürünler için hasat edilen diğer yabani türleri ve «ilişkili biyoeitlilik» olarak bilinen, besin ve tarımsal üretim sistemlerinin içinde ve çevresinde yaşayan, onları sürdüren ve çıktılarına katkıda bulunan çok çeşitli organizmaları içermektedir (FAO, 2019).

Biyoeitlilik, besin çeşitliliğinin temel kaynağını oluşturmakta olup, ekosistem tarafından besin sistemlerinde kullanılan bitkiler, hayvanlar ve diğer organizmaların, tür içi ve türler arası genetik çeşitliliğini de kapsayacak şekilde, insan beslenmesine sunulmasını sağlamaktadır. Böylece sağlıklı beslenme modeli ile çeşitli besin öğelerinin (karbonhidratlar, proteinler, yağlar, vitaminler ve mineraller) ve besin öğesi olmayan besin bileşenlerinin (fitokimyasallar, biyoaktif besin bileşenleri vb.) vücuda alınmasını sağlamaktadır (Blasbalg, Wispelwey ve Deckelbaum, 2011; Pilling, Belanger ve Hoffmann, 2020). Beslenme bilimlerinde diyetlerin çeşitliliği türler arası biyoeitliliğe dayanmakta olup, tür içi biyoeitlilik henüz beslenme bilimleri bakış açısı ile yeterince ele alınmamıştır. Ayrıca biyoeitlilik, hem miktar hem de kalite açısından besin üretimi için gerekli olan tozlaşma ve toprak verimliliği gibi kritik destekleyici ekosistem hizmetlerinin de temelini oluşturmaktadır (Hunter vd., 2015; Pilling vd., 2020).

Doğadaki biyoeitliliğin insan beslenmesine yansımasının önemi, ulusal ve uluslararası rehberlerde yer almasına karşın, insan beslenmesinde çeşitliliğin ne oranda sağlandığını gösteren çalışmalar bu rehberler ile çelişkili sonuçlar sunmaktadır. Gıda ve Tarım Örgütü Dünya Bitki Genetik Kaynaklarının Durumu İkinci Raporuna göre, insan beslenmesine uygun binlerce yenilebilir bitki türü tanımlanmış olmasına karşın dünya genelinde enerji gereksiniminin %50'sinden fazlasının piriņ, patates, buğday ve mısır olmak üzere dört

mahsulden karşılandığı bildirilmiştir (FAO, 2010a). Benzer şekilde FAO'nun 2019 yılında yayınlanan Gıda ve Tarım için Dünya Biyoçeşitliliğinin Durumu başlıklı raporda tarımın başladığı 12.000 yıl öncesinden bu yana yaklaşık 7.000 bitki türü ve birkaç bin hayvan türünün insan beslenmesi için kullanıldığı, ancak günümüzde genetik, tür ve ekosistem düzeylerinde gıda ve tarım için biyoçeşitliliğin birçok temel bileşenin azaldığı ve toplumların diyetlerinin basitleştirildiği kaydedilmiştir. Gıda için 6000'den fazla bitki türü yetiştirilirken, 200'den azı küresel gıda üretimine önemli katkıda bulunmaktadır. Örneğin, 2014 yılında sadece dokuz ürün toplam mahsul üretiminin yüzde 66'sını oluşturmuştur (FAO, 2019). Çalışmalar, bazı bölgelerde tarım alanlarında bitki çeşitliliğinin azaldığını ve çeşitliliğe yönelik tehditlerin arttığını göstermektedir. Benzer şekilde nesli tükenme riski altında olan hayvan ırklarının oranının arttığı; balık stoklarının yaklaşık üçte birinin aşırı avlanmaya bağlı olarak kayba uğradığı ve balık türlerinin devamının tehdit altında olduğu rapor edilmiştir. Bunların yanında, tozlayıcılar, toprak organizmaları ve yabani hayvan türleri de dahil olmak üzere ekosisteme hayati katkıda bulunan birçok türün, habitatın tahrip edilmesi, aşırı sömürü, kirlilik ve diğer tehditler sonucunda azalmakta olduğu bildirilmiştir (Pilling, vd., 2020).

Biyoçeşitlilik kaybı; iklim değişikliği, doğanın tahribatı, doğal kaynaklara erişimde yaşanan güçlükler, küreselleşme, endüstriyel gelişme, ekonomik kalkınma, gelir artışı ve dağılımındaki dengesizlikler, nüfus artışı ve göçler, kentleşme, ticaret, besin üretim sistemlerinde yoğunlaşma ve homojenleşme gibi etmenlerle birlikte besin sistemlerinin dönüşümünde önemli rol oynamaktadır (FAO, 2019). Bu etmenler hem besin üretim süreçlerini hem de besin tüketim modellerini derinden etkilemekte ve insan sağlığı üzerinde önemli etkiler oluşturmaktadır. Yüksek girdili endüstriyel tarım ve uzun mesafeli taşımacılık; rafine karbonhidratların ve yağların bulunabilirliğini ve satışını artırarak, işlenmiş besin tüketimini arttırarak, yerel/lokal besinlerin tüketimini azaltarak, diyetlerin genel olarak basitleşmesine ve enerji içeriği yüksek sınırlı sayıda besine bağımlı hale gelinmesine yol açmıştır (FAO, 2019; Hunter vd., 2015). Çeşitliliği ve besin ögesi yoğunluğu düşük ancak enerjisi yüksek diyetler, mikrobeyin ögesi eksiklikleri ve yetersiz beslenmenin yanı sıra giderek artan obezite ve kronik hastalık sorunlarına da katkıda bulunmaktadır (TÜBER, 2022).

Günümüzde uygulanan tarım politikalarının, belirli birkaç temel ürünün üretimini arttırmaya odaklandığı ve başarının üretilen besin miktarı veya diyet enerji arzını karşılama durumu ile ölçüldüğü görülmektedir. Oysa ki bu yaklaşım besinin hem üretiminin hem de tüketiminin sürdürülebilirliği için sorun oluşturmaktadır (FAO, 2019). Bu doğrultuda, besin ögesi gereksinmesini karşılayan besin ögesi içeriği zengin besinlerin yeterli miktarda üretilmesine odaklanan 'beslenme-duyarlı tarım' olarak adlandırılan yeni tarım yaklaşımları gündeme gelmiştir (FAO, 2013a; McDermott vd., 2015).

3. BİYOÇEŞİTLİLİĞİN BESLENME GÖSTERGELERİ

Besin üretiminden, tüketimine hatta kayıp ve atıklara kadar tüm süreçlerini içeren besin sisteminin her aşamasında sürdürülebilirliğin uygulanmasında biyoçeşitliliğin izlenmesi kritik öneme sahiptir. Biyoçeşitlilik ve beslenmenin birlikte izlenmesi amacıyla, besin kompozisyonu ve besin tüketimi olmak üzere iki gösterge geliştirilmiştir.

3.1. Besin Kompozisyonu Göstergesi

Besin kompozisyonu, besinin yapısında bulunan besin ögeleri ve besin ögesi olmayan besin bileşenlerinin analiz sonuçlarını kapsamaktadır (FAO, 2008). İlk olarak 1940'ların sonlarında FAO'nun liderliğinde besin kompozisyonu veri tabanı oluşturulmuştur. Bunu 1960 ve 1970'lerde yine FAO tarafından hazırlanan Asya, Afrika, Latin Amerika ve Yakın Doğu için bölgesel besin bileşim tablolarının oluşturulması izlemiştir. Uluslararası düzeyde, 1980'lerde Birleşmiş Milletler Uluslararası Gıda Veri Sistemleri Ağı'nı (INFOODS) kurarak besin kompozisyonu üzerine daha fazla çalışmaya olan gereksinmeye cevap vermiştir (FAO/INFOODS, 2013). Ulusal düzeyde ise Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı tarafından oluşturulan büyük ulusal veri tabanı, daha sonraki yıllarda diğer ülkelerin ulusal veri tabanlarının oluşturulması çalışmalarına yön vermiştir. Besin kompozisyonu veri tabanları, beslenme ve diyetetik profesyonelleri başta olmak üzere besin ve sağlık sektörleri ile ilgilenen meslek grupları tarafından hem araştırma hem de sağlık hizmeti sunulması aşamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Hunter vd., 2015; FAO/INFOODS, 2013). Ülkemizin ulusal besin kompozisyonu veri tabanı ise Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından 2008-2013 yılları arasında desteklenen bir proje kapsamında hazırlanmıştır. TürKomp Ulusal Gıda Kompozisyonu Veri Tabanı adıyla hizmet veren sistem, ülkemiz coğrafyasında üretilen ve tüketilen 14 besin grubuna ait işlenmiş-işlenmemiş 645 tarımsal ürünün 100 farklı besin bileşeni olmak üzere, yaklaşık 63.000 besin bileşeni ve enerji değeri verisini kullanıcıya sunmaktadır (TürKomp, 2023).

Bireysel veya toplumsal beslenme verisi toplanırken yaşanan zorluklar çerçevesinde çoğu zaman tüketilen besinin genetik çeşitliliği sorgulanamamakta, sorgulansa bile tüketiciden bu bilgi alınamamaktadır. Örneğin tüketim bazen meyve gibi çok genel, bazen kırmızı renkli meyve gibi meyve grubuna özel, bazen ise çilek gibi meyve adına kadar sorgulanıp kaydedilmektedir. Oysa çilek diye sorgulandığında bile genetik olarak onlarca çeşit çilek türü bulunmakta ve her birinin besin kompozisyonu farklılık göstermektedir. Çalışmalar hem bitkisel kaynaklı besinlerin tür içi örneklerinin hem de aynı hayvanın farklı türlerinin et ve süt ürünlerinin besin bileşimlerinin önemli düzeyde farklılık içerdiğini göstermektedir. Bu çeşitlilik bireylerin/toplumların besin ögesi gereksinmelerinin karşılanmasında büyük farklılığa neden olmaktadır (Hunter vd., 2015; FAO, 2008). Örneğin, günde 200 g pirinç tüketimi, tüketilen pirincin çeşidine bağlı olarak, tavsiye edilen günlük protein

alımının %25'inden azına veya %65'inden fazlasına karşılık gelebilmektedir (Kennedy ve Burlingame, 2003). Benzer şekilde, muzun çeşidine göre provitamin-A aktivitesi gösteren karotenoid içeriğinin 1 µg/100 g ile 8500 µg/100 g arasında değişebildiği; veya tatlı patates çeşitlerinin karotenoid içeriklerinin 200 kat farklılık gösterebildiği kaydedilmiştir (Burlingame, Charrondiere ve Mouille, 2009). Bu durum, bireyin veya toplumun tükettiği bir besinin aynı miktarda tüketilen farklı çeşitlerinden birinin besin ögesi yetersizliğine, diğer çeşidin ise aynı besin ögesinin aşırı alımına neden olabileceği anlamına gelmektedir. Bu nedenle, besin kompozisyonu veri tabanları oluşturulurken, biyoçeşitliliğin üç boyutu olan i) ekosistemler, ii) içerdikleri türler ve iii) türler içindeki genetik çeşitlilik konularının ele alınması önem teşkil etmektedir. Bu yaklaşımla, besin kompozisyonu göstergesi, yaygın olarak tüketilen besinlerin çeşitlerinin, türlerinin, ırklarının ve alt türlerinin yanı sıra az kullanılan, evcilleştirilmemiş, yabani bitki ve hayvan türlerinin besin kompozisyonlarını da içermelidir (Hunter vd., 2015; FAO, 2008).

3.2. Besin Tüketimi Göstergesi

Besin tüketimi göstergesi; diyetle tüketilen besinlerin çeşitliliğini ölçmektedir ve diyetle yer alan yabani veya az bilinen/tüketilen besinler de dahil olmak üzere, taksonomik olarak cins, tür, alt tür veya çeşit bazında detaylı tanımını içeren, tüketilen tüm besinlerin sayısını içermektedir. Bu değerlendirmede, bir bitkinin yaprak, kök vb. farklı kısımları veya bitkinin olgunlaşma sürecindeki farklı ürünleri ya da bir hayvanın farklı kısımları ayrı bir besin başlığı olarak ele alınabilmektedir. Bu göstergenin raporlanması, aynı zamanda biyoçeşitliliği dikkate alan beslenme durumunu saptama çalışmalarının sayısı ve tüm çalışmalara oranı hakkında da bilgi vermektedir (FAO, 2010b). Besin tüketimi göstergesi olarak diyetle tüketilen farklı besin sayısındaki artış, politika yapımcılar, üreticiler, besin endüstrisi ve tüketiciler tarafından beslenmede biyoçeşitliliğin öneminin daha fazla farkına varıldığını göstermektedir. Bu farkındalığın, sürdürülebilir beslenme modelinin toplumlar tarafından daha fazla benimsenmesini ve uygulanmasını beraberinde getirmesi beklenmektedir. Bu nedenle de bu farkındalığın sağlanması büyük önem taşımaktadır (Toledo ve Burlingame, 2006).

Bireyin, hane halkının veya toplumun beslenmesinde çeşitliliğin ne oranda sağlandığının değerlendirilmesinde kullanılabilen geçerli ve güvenilir araçların geliştirilmesi, mevcut durumun doğru saptanması ve yorumlanması açısından önemlidir. Araştırmacıların bu amaçla kullandıkları araçlardan biri '*Diyet Çeşitlilik Skoru (Diet Diversity Score)*'dur ve belirli bir zaman diliminde (genellikle 24 saat) bir bireyin veya ailenin tükettiği besin gruplarının sayısını içermektedir. Hızlı ve kolay uygulanabilen, düşük maliyetli bir değerlendirme aracı olduğu için de araştırmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Diyet Çeşitlik Skoru ölçeği kullanılarak yapılan hane halkı çalışmaları, diyet çeşitliliğinde artışın sosyoekonomik durum ve hane halkı besin güvencesi ile ilişkili olduğunu göstermektedir (FAO, 2013b).

Beslenmede biyoeitliliğin değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer araç ise ‘*Beslenme Fonksiyonel eitliliği (Nutritional Functional Diversity - NFD)*’dir. Bu araç hane halkı, bölge veya ulusal düzeyde değerlendirilen besin sistemlerindeki çeşitliliğin beslenme ve sağlık sonuçları açısından onemini göstermektedir (Hunter vd., 2015).

Biyoeitlilik ve insan diyetleri arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda beslenme açısından bu geçerli tlerin kullanımı sınırlı kalmıştır. Bu nedenle, diyet tür zenginliği veya bir günde tüketilen farklı türlerin sayısı gibi parametrelerin farklı yaş/cinsiyet gruplarında beslenme durumuna ve besin biyoeitliliğine etkisinin incelendiği çalışmalar literatüre onemli katkı sağlamıştır. Bu çalışmalardan biri olan Lachat vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada besin tür zenginliğinin hem yağışlı hem de kuru mevsimlerde diyet kalitesi ile pozitif ilişki gösterdiği; doğal biyoeitliliğin yüksek olduğu bölgelerde yaşayan kadın ve çocuklardan oluşan hassas bir grupta besin biyoeitliliğinin diyet kalitesine onemli katkı sağladıği; beslenme durumunun değerlendirilmesinde diyetle tüketilen tür sayısının raporlanmasının, sürdürülebilir kalkınmanın hem insan sağlığı hem de evre sağlığı boyutuna dair onemli bir gösterge olabileceği kaydedilmiştir. Bu çalışmada bu sonuçlara, besin biyoeitliliği göstergesi olarak tür zenginliği, Simpson eitlilik İndeksi ve Beslenme Fonksiyonel eitliliği; beslenme göstergesi olarak ise Diyet eitlilik Sokuru ile bazı mikrobesein ogeleri için (A vitamini, C vitamini, folat, kalsiyum, demir ve çinko) ortalama alım oranı (MAR) ve besin ögesi yeterlilik oranı (NAR) kullanılarak ulaşılmıştır. Benzer şekilde, Zeinalabedini vd. (2023) tarafından yapılan 20 kesitsel çalışmanın meta-analizinde de yetersiz diyet çeşitliliğinin çocuklarda yetersiz beslenme riskini artırdıği; özellikle düşük ve orta gelirli kelerde çocukların diyetlerinde biyoeitliliğin arttırılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesi gerektiği kaydedilmiştir. Bu noktada, beslenme-duyarlı tarım uygulamalarının beş yaş altı çocukların diyetlerinde kalıcı olumlu etki oluşturduğu Margolies vd. (2022) tarafından yapılan meta-analiz çalışmasında gösterilmiş ve beslenme-duyarlı tarım uygulamasının biyoeitlilik kaybının geriye döndürülmesinde yararlı olabileceği ifade edilmiştir.

Doğadaki biyoeitlilik; bireyin veya toplumun beslenme durumunu sadece besin biyoeitliliğini ve tüketime sunulan farklı ürün sayısını arttırarak değil, aynı zamanda tozlaşma gibi beslenme ile ilişkili diğer ıktıları olumlu yönde etkileyerek iyileştirmektedir. İklım değişimi ve çevrenin bozulması başta olmak üzere çeşitli nedenlerle tozlayıcılarıdaki azalmalar dünya çapında iyi belgelenmiş biyolojik çeşitlilik kaybı olarak kabul edilmektedir. Bu tozlayıcıların insanlarda enerji alımının yaklaşık üçte birinden ve küresel besin arzının %40’ından sorumlu olduğu tahmin edilmektedir. Tozlayıcıların besin üretimine en fazla katkıda bulunduğu bölgeler, aynı zamanda insan nüfusunun mikrobesein ögesi yetersizliğinden en çok muzdarip olduğu bölgeler olduğu düşünülmektedir. Örneğin, polen taşıyıcılarına bağımlı olan bitkilerin A ve C vitaminleri ile folik asidin temel kaynakları olduğu ve son dönemde polen taşıyıcılarının azalmasının, beslenme açısından bu besin ogelerinin

yeterli miktarda alımı için önemli risk oluşturduğu bilinmektedir. Tür çeşitliliği; doğal ve tarımsal ekosistemlerde üretkenliği, istikrarı, ekosistem hizmetlerini ve dayanıklılığı teşvik etmektedir. Genel olarak, bir topluluk veya sistemdeki tür sayısının artması, o topluluk tarafından sağlanan işlevlerin sayısını arttırmakta ve bu işlevlerin sağlanmasındaki istikrarı güçlendirmektedir (Hunter vd., 2015).

Ekosistem ve biyoçeşitlilik arasındaki ilişki konusunda farkındalığın yüksek olmasına karşın, 'eko-beslenme' olarak da adlandırılan ekosistemlerin insan beslenmesiyle ilişkisine yönelik farkındalık halen henüz yeterli düzeyde değildir. Bu nedenle, diyet çeşitliliğinin sağlıklı beslenme açısından önemi çok iyi bilinmesine karşın, beslenme biyoçeşitliliği henüz tarım ve besin sistemleri plan ve politikalarına entegre edilmemiştir. Bu entegrasyonun hızlı ve sistematik bir şekilde yapılması hem çevre hem de insan sağlığının sürdürülebilirliği için önem taşımaktadır (Hunter vd., 2015; Pilling vd., 2020).

4. YABANI BESİNLER VE BESLENME BİYOÇEŞİTLİLİĞİNDEKİ YERİ

Gıda ve Tarım için Dünya Bitki Genetik Kaynaklarının Durumu Raporu (FAO, 1997)'nda yabani besin '*ekilip yetiştirilmeyen veya kontrol altında yetiştirilip büyütülmeyen, küçük mahsullerin ve az kullanılan türlerin bir parçası olan yabani bitkiler, hayvanlar ve böcekler*' olarak tanımlanmakta olup, besin amaçlı kullanılan kök, yumru, yaprak, sebze, meyve, böcek, amfibi, sürüngen, kuş ve memelileri kapsamaktadır. Yabani besinlerin dünya genelinde besin üretim sistemleri ve besin güvencesi açısından kritik öneme sahip olduğu vurgulanmaktadır. Son yıllarda azalma eğilimi göstermekle birlikte, yerleşik tarıma geçişten 10.000 yıl sonra halen dünyanın birçok coğrafi bölgesinde yabani ürün tüketiminin yaygın olduğu bilinmektedir. Ayrıca, yabani besin tüketiminin sadece ihtiyaç ve ekonomik zorunluluklara bağlı olmadığı; aynı zamanda kültür, gelenek ve tercihlere bağlı olarak dünyanın birçok bölgesinde sıklıkla tüketildiği kaydedilmiştir (Hunter vd., 2015). Gelişmekte olan 24 ülkedeki 8000 haneden toplanan çevresel gelir verilerinin karşılaştırmalı analizinde, çevresel gelirin toplam hane gelirinin %28'ini oluşturduğunu ve bunun %77'sinin doğal ormanlardan geldiği vurgulanmış; ormanlardan sağlanan ürünler arasında yabani meyve ve sebzeler, balık, av eti, mantarlar gibi gıda ürünleri ikinci sırada yer almıştır (Angelsen vd., 2014). Avrupa'da yabani besin üretimini ve tüketimini araştıran bir çalışmada ise Avrupa Birliği (AB) genelinde 38 tür av hayvanı, 27 tür mantar ve 81 tür damarlı bitkinin kullanıldığı kaydedilmiştir. Çalışma 65 milyon AB vatandaşının yabani gıda toplamakta ve en az 100 milyon AB vatandaşının ise yabani besin tüketmekte olduğunu; ayrıca yabani besin tüketiminin yaş, cinsiyet, gelir düzeyi, toplama olanakları ve kültürel faktörler gibi etmenlerden etkilendiği kaydedilmiştir (Schulp, Thuiller ve Verburg, 2014).

Yabani gıda, önemi giderek artan hem biyolojik hem de kültürel bir ekosistem hizmeti olarak değerlendirilmektedir. Bu yaklaşımla, yabani besinlerin bileşimleri ve fonksiyonel özelliklerini inceleyen araştırmaların sayısı son yıllarda artmaktadır. Bu doğrultuda, FAO/INFOODS Biyoçeşitlilik için Gıda Kompozisyon Veritabanı (FAO/INFOODS, 2023), tür içi

düzeyde, yabani ve az kullanılan besinlerin kompozisyonlarını derlemektedir. Veritabanının en son sürümünde 10.156 besin hakkında veri bulunmaktadır ve bunların 3.118'i (%31) yabani besin olarak tanımlanmıştır. Bu veri tabanına Türkiye'den de 27 türe ait veri kaydedilmiştir (FAO, 2019).

Yabani besinlerin, diyetle biyoeitliliğin arttırılması için bir başa çıkma stratejisi olabileceği vurgulanmaktadır, ancak öncelikle bu besinlerin kompozisyonlarının analiz edilmesi, gıda güvenliği açısından değerlendirilmeleri, sonrasında da besin tüketim modeli içinde tüketim önerisi geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu besin kaynaklarının nesillerinin ve/veya türlerinin korunmasına yönelik önlemlerin alınması da büyük önem taşımaktadır (FAO, 2019; Hunter vd., 2015).

5. GELENEKSEL BESİNLER VE BESLENME BİYOÇEŞİTLİLİğİNDEKİ YERİ

Yerli halkların geleneksel besin sistemleri ve bu besinleri üretme, işleme, saklama ve tüketme şekillerini de içeren kültürleri çok çeşitlilik göstermektedir. Bu geleneksel yöntemler, uzun süredir evrimleşmiş kültürlerden ve yerel ekosistemlerle birlikte yaşama modellerinden edinilen önemli bilgiyi de içermektedir. Yerli halkların kullandığı besin sistemleri, genellikle dünyanın besin ve genetik kaynaklarının büyük çoğunluğunun yüzyıllar boyunca korunmasını sağlayan ekosistem ile uyumlu uygulamalar olmuştur. Ayrıca bu sistemlerin mikrobiyota çalışmaları başta olmak üzere yapılan çeşitli çalışmalarda sağlığı destekleyen uygulamalar olması da dikkat çekmektedir. Bu nedenle, biyoeitliliğin korunmasında, yerel/geleneksel besin sistemlerinin sürdürülmesi ve besin sistemlerinin dönüşümünde bu yöntemlerden yararlanılması gibi başlıklar ilgi çekmektedir. Geleneksel besin sistemlerinin güçlendirilmesi ve bu şekilde üretilen besinlerden yararlanılması, beslenmenin ve sağlığın geliştirilmesi için önemli bir strateji olabilir. Bu noktada, geleneksel besinlerin kompozisyonlarının ve tüketim modellerinin analizi kritik öneme sahiptir. Beslenme açısından zengin geleneksel besinlerin saptanması, bu besinlerin hedef kitlelere tanıtılması ve ulaştırılması gerekmektedir. Bu yaklaşım, hem beslenme ve sağlığın sürdürülebilir şekilde iyileştirilmesine katkı sağlayabilir; hem de geleneksel bilginin, biyokültürel mirasın canlandırılmasına yardımcı olabilir ve biyoeitliliğin korunmasına katkıda bulunabilir (Hunter vd., 2015; Kuhnlein vd., 2009; Kuhnlein vd. 2013).

6. BİYOÇEŞİTLİLİK VE BESLENMENİN DÖNÜŞÜMÜ

Beslenmenin dönüşümü; toplumda yaşanan ekonomik, demografik ve epidemiyolojik değişimler çerçevesinde bireyin/toplumun beslenme durumunda oluşan değişimleri kapsamaktadır. Bu terim genellikle endüstrileşme devrimi ile birlikte ülkelerin tam tahıl ve lif bakımından zengin geleneksel bitkisel ağırlıklı beslenmesinden şeker, yağ ve hayvansal kaynaklı besinlerden zengin Batı tarzı beslenmeye geçişini tanımlamak için kullanılmaktadır.

Bugün beslenmenin dönüşümüne neden olan etmenler arasında; küreselleşme, ekonomik kalkınma, kentleşme ve modernleşme, değişen yaşam ve çalışma koşulları, modern tarım uygulamaları vb. sayılmaktadır. Bu etmenlere bağlı olarak beslenme düzeninde oluşan değişimler beraberinde besin ögesi örüntüsü yetersiz ancak enerji içeriği yüksek besinler ile beslenmeyi beraberinde getirmiştir. Bu durum, birçok ülkede geleneksel besinlerden ve sağlıklı beslenme modellerinden, genellikle daha düşük fiyatlarla temin edilebilen düşük kaliteli işlenmiş besinlerin tüketimine doğru bir kayma yaşanmasına neden olmuştur (Hunter vd., 2015; Dora vd., 2015; Popkin, 2006). Aslında araştırmacılar beslenme dönüşümünü avcı-toplayıcı modeli, erken tarım modeli, kıtlığın sonu modeli, aşırı yeme ve obezite modeli ve davranış değişikliği modeli olmak üzere beş başlık altında ele almaktadır. Düşük ve orta gelir düzeyine sahip ülkelerde beslenme dönüşümü hızla kıtlığın sona ermesi modelinden aşırı yeme ve obezite modeline kaymaktadır. Geleneksel beslenmeden Batı tarzı beslenmeye geçiş, düşük ve orta gelirli ülkelerde obezite ve ilişkili hastalıkların prevalansının çok hızlı artmasına önemli katkıda bulunmuştur (Misra ve Khurana, 2008; Popkin, 2006).

Beslenmenin dönüşümü ile besin tercihlerindeki değişim biyoçeşitliliği etkilemektedir. Besin sisteminin karmaşık yapısı nedeniyle, besin tedarik zincirinin biyoçeşitlilik üzerindeki etkilerini ölçmek çok kolay değildir, ancak yaşam döngüsü değerlendirmesi gibi yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalar bu konuda fikir vermektedir. Crenna vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada Avrupa Birliği'nde tüketilen 32 temsili besin ürünü seçilmiş, bunların çevresel etkileri ve mevcut biyoçeşitlilik azalmasına potansiyel katkıları değerlendirilmiştir. Batı tarzı diyetin en önemli bileşenlerinden olan et ürünlerinin, tarımsal amaçlı arazi kullanımı ve iklim değişikliği, biyoçeşitlilik üzerindeki etkileri önemli bulunmuştur. Biyoçeşitlilik kaybının birçok etmeni yaşam döngüsü değerlendirmesi ile hesaba katılrsa da, hem Avrupa hem de küresel ölçekte biyoçeşitliliğin giderek azaldığına dair kanıtlar, özellikle ekotoksiste gibi etki kategorilerinin iyileştirilmesi, kaynakların aşırı kullanımı ve istilacı türlerden kaynaklanan etkilerin de dahil edilmesi açısından değerlendirme sisteminin daha da genişletilmesi gerektiğini göstermektedir (Crenna vd., 2019).

6.1. Beslenmenin Dönüşümü ve Mikrobiyal Çeşitlilik

Biyoçeşitliliğin en önemli bileşenlerinden birinin mikrobiyal çeşitlilik olduğu iyi bilinmektedir. Yeryüzünde bulunan mikroorganizmalar bazen insan vücudunun doğal bir bileşeni olarak, bazen de besin başta olmak üzere insanın temas ettiği alanların (toprak, su, hava, canlılar vb.) bir bileşeni olarak insan hayatını ve sağlığını etkilemektedir. Mikrobiyota çalışmaları; beslenmenin dönüşümünün bağırsak mikrobiyotasında oluşturduğu etkileri ve bunların sağlık sonuçlarını çok net bir şekilde ortaya koymaktadır. Bağırsak mikrobiyotası avcı-toplayıcı dönemde çok yüksek mikrobiyal çeşitliliğe sahipken, tarım dönemine geçişle mikrobiyal çeşitliliğin azaldığı, Batılılaşma yani aşırı yeme ve obezite modeli ile

ise çok düşük bağırsak mikrobiyal çeşitliliğine sahip olunduğu bilinmektedir. Beslenme dönüşümü ile sadece bağırsak mikrobiyal çeşitliliğinin azalmadığı, aynı zamanda kolonize olan mikroorganizmaların türlerinin ve ürettikleri metabolitlerinin de büyük değişiklik gösterdiği bilinmektedir (Gupta, Paul ve Dutta, 2017; Elechi vd., 2023)

Aslında bu durum sadece insanlar için değil tüm canlılar için geçerli olup, tüm çok hücreli organizmalar konağın beslenmesinin, sağlığının ve bağışıklığının korunmasında önemli rol oynayan kendi mikrobiyotalarından yararlanmaktadırlar. Son yıllarda hayvan, balık, bitki ve toprak mikrobiyotaları üzerine yapılan çalışmaların sayısı hızla artmaktadır ve bu çalışmalardan elde edilecek sonuçlarla mikrobiyota manipülasyonu ile tarımsal yönetimde verimliliğin ve sürdürülebilirliğin artırılabilenine dair beklentiler bulunmaktadır (Ikeda-Ohtsubo vd., 2018; Ochoa-Hueso, 2017). Toprağın mikrobiyotasını inceleyen çalışmalarda, yerin altı ile bağırsağın büyük benzerliği dikkat çekmiştir. Toprağın mikrobiyotası başta olmak üzere yeryüzündeki canlıların mikrobiyotaları arasındaki bağlantıları anlamak ekosistemi daha iyi anlamamıza yardımcı olacak ve belki de çevrenin ve sağlığın sürdürülebilirliği bu etkileşimleri çözmekle mümkün olacaktır (Ochoa-Hueso, 2017).

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değişikliği, doğanın tahribatı, küreselleşme, kentleşme, endüstriyel geleişme, ekonomik kalkınma, nüfus artışı, ticaret, besin üretim sistemlerinde yoğunlaşma ve homojenleşme gibi etmenler nedeniyle doğal biyoeitlilik azalmaktadır. Bu durum, insan beslenmesinde besin çeşitliliğinin azalmasına, besin ögesi gereksinimlerinin karşılanamamasına, yararlı biyoaktif besin bileşenlerinden faydalanılamamasına ve bunların sonucu olarak malnütrisyonun farklı formlarının toplumlarda yaygınlaşmasına neden olmaktadır. Bu sonuçların kontrol edilebilmesi için biyoeitlilik ve beslenmenin birlikte izlenmesi önem taşımakta olup, bunun için iki gösterge belirlenmiştir. Bunlar; i) besin kompozisyonu analizlerinin biyoeitlilik doğrultusunda geliştirilmesi ii) besin tüketimi verisinin değerlendirilmesinde biyoeitlilik bilgisinin etkin kullanımıdır. Her iki başlık için de geçerli ve güvenilir analiz yöntemlerinin oluşturulması ve biyogstergelerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu başlıklarda yapılan çalışmalar, üretim verimini hedefleyen çok miktarda besin üretimi yerine, besin ögesi örüntü profili gelişmiş besin üretimine odaklanılmasını, beslenmeduyarlı tarım uygulamaları başlığı altında ele almaktadır. Biyoeitliliğin beslenmeye etkisinin yönetilmesinde önemli iki strateji daha bulunmaktadır. Bunlardan ilki, yabani besin ürünlerinin kullanımının değerlendirilmesidir ve bunun için yabani besinlerin kompozisyonlarının analiz edilmesi, güvenliklerinin değerlendirilmesi ve nesillerinin/türlerinin devamlılığının korumasının planlanması gerekmektedir. İkcisi ise, yerel geleneksel besinlerin ve besin sistemlerinin beslenme dönüşümünde kullanılmak üzere gözden geçirilmesi yeni besin sistemlerine entegrasyonun yapılmasıdır. Son olarak,

biyoçeşitliliğin en önemli bileşenlerinden olan mikrobiyal biyoçeşitliliğin korunması da önem taşımaktadır. Mikrobiyal biyoçeşitliliğin korunmasında, toprak-bitki-hayvan ve insan mikrobiyotası ilişkilerinin anlaşılması konusunda çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Sonuç olarak, insan varlığı ve sağlığı, içinde yaşadığı ekosistemin ve ekosisteminin her bir bileşenin sağlığı ile yakın ilişkilidir. Toprak, su, hava, hayvanlar, bitkiler iyi olmadan insanın iyi olması mümkün değildir. Bu nedenle, biyoçeşitlilik ve beslenme ilişkisini, insan sağlığının hayvan sağlığı ve çevre sağlığı ile bir bütün olarak değerlendirilmesi gerektiği görüşünü benimseyen tek sağlık yaklaşımı ile ele almak önemlidir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Angelsen, A., Jagger, P., Babigumira, R., Belcher, B., Hogarth, N.J., Bauch, S., vd. (2014). Environmental income and rural livelihoods: a global comparative analysis. *World Dev*, 64 (Suppl 1), 12-28.
- Blasbalg, T.L., Wispelwey, B., & Deckelbaum, R.J. (2011). Ecnutrition and utilization of food-based approaches for nutritional health. *Food Nutr Bull*, 32(Suppl 1), 4-13.
- Burlingame, B., Charrondiere, R., Mouille, B. (2009). Food composition is fundamental to the cross-cutting initiative on biodiversity for food and nutrition. *J Food Compos Anal*, 22(5), 361-365.
- Crenna, E., Sinkko, T., Sala, S. (2019). Biodiversity impacts due to food consumption in Europe. *J Clean Prod*, 1(227), 378-391.
- Dora, C., Haines, A., Balbus, J., Fletcher, E., Adair-Rohani, H., Alabaster, G., vd. (2015). Indicators linking health and sustainability in the post-2015 development agenda. *Lancet* 385, 380-391.
- Elechi, J.O.G., Sirianni, R., Conforti, F.L., Cione, E., Pellegrino, M. (2023). Food system transformation and gut microbiota transition: evidence on advancing obesity, cardiovascular diseases, and cancers—a narrative review. *Foods*, 12, 2286.
- Food and Agriculture Organization. (2008). Expert Consultation on Nutrition Indicators for Biodiversity 1. Food composition. Erişim adresi: <https://www.fao.org/documents/card/en?details=df2f3f44-459f-540f-a166-6995d74aa1a5/> [Erişim Tarihi: 29 Kasım 2023].
- Food and Agriculture Organization. (2010a). The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Erişim adresi: <https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/seeds-pgr/sow/sow2/en/> [Erişim Tarihi: 29 Kasım 2023].
- Food and Agriculture Organization. (2010b). Expert Consultation on Nutrition Indicators for Biodiversity 2. Food consumption. Erişim adresi: <https://www.fao.org/documents/card/es/c/11dac6b0-e313-5cd1-b510-4e68c24bf286/> [Erişim Tarihi: 29 Kasım 2023].
- Food and Agriculture Organization. (2013a). Synthesis of Guiding Principles on Agriculture Programming for Nutrition. Erişim adresi: <https://www.fao.org/3/aq194e/aq194e00.htm/> [Erişim Tarihi: 29 Kasım 2023].
- Food and Agriculture Organization (2013b). Guidelines for Measuring Household and Individual Dietary Diversity. Erişim adresi: <https://www.fao.org/3/i1983e/i1983e00.pdf/> [Erişim Tarihi: 29 Kasım 2023].
- Food and Agriculture Organization FAO/INFOODS. (2013). FAO/INFOODS Food Composition Database for Biodiversity Version 2.1 – BioFoodComp2.1. FAO, Rome. Erişim adresi: <https://www.fao.org/3/i3560e/i3560e.pdf> [Erişim Tarihi: 29 Kasım 2023].
- Food and Agriculture Organization Statistics FAOSTAT. (2014). Food and Agricultural Commodities Production. Erişim adresi: <https://www.fao.org/faostat/en/#home/> [Erişim Tarihi: 29 Kasım 2023].

- Food and Agriculture Organization. (2019). The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture, FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Erişim adresi: <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf/> [Erişim Tarihi: 29 Kasım 2023].
- Food and Agriculture Organization. (2023). FAO/INFOODS Food Composition Databases. Erişim adresi: <https://www.fao.org/infoods/infoods/tables-and-databases/faoinfoods-databases/en/> [Erişim Tarihi: 29 Kasım 2023].
- Gupta, V.K., Paul, S., Dutta, C. (2017). Geography, ethnicity or subsistence-specific variations in human microbiome composition and diversity. *Front Microbiol*, 8, 1162.
- Hunter, D., Burlingame, B., Remans, R. (2015). Connecting global priorities: biodiversity and human health a state of knowledge review. *Biodiversity and nutrition. World Health Organization and Secretariat of the Convention on Biological Diversity*.
- Ikeda-Ohtsubo, W., Brugman, S., Warden, C.H., Rebel, J.M.J., Folkerts, G., Pieterse, C.M.J. (2018). How can we define "optimal microbiota?": A comparative review of structure and functions of microbiota of animals, fish, and plants in agriculture. *Front Nutr*, 5, 90.
- International Diabetes Federation. (2021). IDF Diabetes Atlas Diabetes Data Portal. Erişim adresi: <https://diabetesatlas.org/data/> [Erişim Tarihi: 29 Kasım 2023]
- Kennedy, G., Burlingame, B. (2003). Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. *Food Chemistry*, 80, 589–596.
- Kuhnlein, H., Erasmus, B., Spigelski, D. (2009). Indigenous Peoples' Food Systems: the many dimensions of culture, diversity and environment for nutrition and health. FAO and CINE, Rome. Erişim adresi: <https://www.fao.org/3/i0370e/i0370e00.htm/> [Erişim Tarihi: 29 Kasım 2023].
- Kuhnlein, H., Erasmus, B., Spigelski, D., Burlingame, B. (2013). Indigenous Peoples Food and Wellbeing: Interventions and Policies for Healthy Communities. FAO and CINE, Rome. Erişim adresi: <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/471102/> [Erişim Tarihi: 29 Kasım 2023].
- Lachat, C., Raneri, J.E., Smith, K.W., Kolsteren, P., Van Damme, P., Verzelen, K., et al. (2018). Dietary species richness as a measure of food biodiversity and nutritional quality of diets. *PNAS*, 115(1), 127–132.
- Margolies, A., Kemp, C., Choo, E., Levin, C., Olney, D., Kumar, N., et al. (2022). Nutrition-sensitive agriculture programs increase dietary diversity in children under 5 years: A review and meta-analysis. *J Glob Health*, 12, 08001.
- McDermott, J., Johnson, N., Kadiyala, S., Kennedy, G. and Wyatt, A.J. (2015). Agricultural research for nutrition outcomes – rethinking the agenda. *Food Security*, 7, 593-607.
- Misra, A., Khurana, L. (2008). Obesity and the metabolic syndrome in developing countries. *J Clin Endocrinol Metab*, 93, 930.

- Ochoa-Hueso, R. (2017). Global change and the soil microbiome: a human-health perspective. *Front Ecol Evol*, 5,71.
- Pilling, D., Belanger, J., Hoffmann, I. (2020). Declining biodiversity for food and agriculture needs urgent global action. *Nature Food* (1),144–147.
- Popkin, B.M. (2006). Global nutrition dynamics: the world is shifting rapidly toward a diet linked with noncommunicable diseases. *Am J Clin Nutr*, 84, 28998.
- Schulp, C.J.E., Thuiller, W., Verburg, P.H. (2014). Wild food in Europe: A synthesis of knowledge and data of terrestrial wild food as an ecosystem service. *Ecological Economics*,105, 292–305.
- World Cancer Research Fund International. (2023). Cancer Trends. Erişim adresi: <https://www.wcrf.org/cancer-trends/> [Erişim Tarihi: 15 Kasım 2023]
- World Health Organization. (2017). The Double Burden of Malnutrition: Policy Brief. Erişim adresi <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-NMH-NHD-17.3/> [Erişim Tarihi: 15 Kasım 2023]
- World Health Organization. (2023). Noncommunicable Diseases. Erişim adresi: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases/> [Erişim Tarihi: 15 Kasım 2023]
- T.C. Sağlık Bakanlığı. (2022). *Türkiye Beslenme Rehberi 2022*. T.C. Sağlık Bakanlığı Yayınları No:1031, Ankara.
- Toled, A., Burlingame, B. (2006). Biodiversity and nutrition: A common path toward global food security and sustainable development. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 477–483.
- TürKomp. (2023). TürKomp Ulusal Gıda Kompozisyonu Veri Tabanı. Erişim adresi: <https://turkomp.tarimorman.gov.tr/main> [Erişim Tarihi: 29 Kasım 2023].
- Zeinalabedini, M., Zamani, B., Nasli-Esfahani, E., Azadbakht, L. (2023). A systematic review and meta-analysis of the association of dietary diversity with undernutrition in school-aged children. *BMC Pediatrics*, 23, 269.

Yazar Hakkında / About Author

Prof. Dr. Zehra BÜYÜKTUNCER DEMİREL | Hacettepe Üniversitesi |
zbtuncer[at]hacettepe.edu.tr | ORCID: 0000-0002-2039-8568

Prof. Dr. Zehra Büyüktuncer-Demirel, 2000 yılında Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Teknolojisi Yüksekokulu Beslenme ve Diyetetik Bölümü Lisans programından mezun olmuştur. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Diyetetik Yüksek Lisans Programını 2003 yılında, Beslenme ve Diyetetik Doktora Programını ise 2008 yılında tamamlamıştır. Prof. Dr. Zehra Büyüktuncer-Demirel, 2001 yılında araştırma görevlisi olarak başladığı Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü'nde 2011 yılında yardımcı doçent, 2012 yılında doçent, 2018 yılında profesör kadrosuna atanmıştır. Prof. Büyüktuncer-Demirel, 2008-2010 yıllarında İngiltere'de Chester Üniversitesi Klinik Bilimler Bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışmış; 2019 – 2020 yıllarında Amerika Birleşik Devletleri'nde, Columbia Üniversitesi, Irving Medical Center ve Sleep Center of Excellence'da misafir araştırmacı olarak görev almıştır. Prof. Büyüktuncer-Demirel, sekiz yıldır Avrupa Diyetetik Dernekleri Federasyonu ve Uluslararası Diyetetik Dernekleri Konfederasyonu Türkiye delegesidir. Türkiye Bilimler Akademisi Gıda ve Beslenme Çalışma grubu üyesidir. Prof. Dr. Zehra Büyüktuncer-Demirel'in ilgi alanı beslenme bilimleri olup, fonksiyonel besinler, bağırsak mikrobiyotası, sirkadiyen ritim ve gen-diyet etkileşimleri konularında çalışmaktadır.

Prof. Dr. Zehra BÜYÜKTUNCER DEMİREL | Hacettepe University |
zbtuncer[at]hacettepe.edu.tr | ORCID: 0000-0002-2039-8568

Prof. Zehra Buyuktuncer-Demirel graduated from Hacettepe University in 2000 with a BSc degree in Nutrition and Dietetics. She completed an MSc degree in Dietetics (2003) and a PhD degree in Nutrition and Dietetics (2008) at the Institute of Health Science, Hacettepe University. Prof. Büyüktuncer-Demirel was appointed as assistant professor in 2011, associate professor in 2012, and professor in 2018 at Hacettepe University Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, where she started as a research assistant in 2001. Dr. Buyuktuncer-Demirel worked as a lecturer at University of Chester, Department of Clinical Sciences in the UK between 2008 and 2010. Also, she worked as a visiting researcher at Columbia University, Irving Medical Center and Sleep Center of Excellence in the United States at 2019 – 2020. Prof. Büyüktuncer-Demirel has been the Turkey delegate of the European Federation of the Associations of Dietitians, and the International Confederation of Dietetic Associations for eight years. She is a member of the Turkish Academy of Sciences Food and Nutrition Working Group. Her research interests different aspects of nutritional sciences including functional foods, gut microbiome, circadian rhythm and gene-diet interactions.



BİYOÇEŞİTLİLİĞİN SAĞLIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

EFFECTS OF BIODIVERSITY ON HEALTH

Fatma ÇELİK
Emre MANİSALI

BİYOÇEŞİTLİLİĞİN SAĞLIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Fatma ÇELİK, Emre MANİSALI
Biruni Üniversitesi

Özet

Biy çeşitlilik, türlerin çeşitliliğini, bolluğunu ve kimliğini, genlerini ve ekosistemlerini kapsar ve insan sağlığı ve refahı için gerekli olan ekosistem arzının temelini oluşturur. Sağlık literatüründe, Gezegen Sağlığı, Tek Sağlık ve Eko Sağlık kavramlarının gelişmesiyle birlikte, üzerinde canlı cansız varlıkların olduğu doğal dünyanın; birbirine bağlı alt sistemlerden oluşan genel bir yapı olduğu kabul edilmiştir. Bu genel yapının dengesinin en küçük bir hasar görmesinin, kelebek etkisi yaratarak tüm yapıyı etkilemekte olduğu artık birçok şekilde kanıtlanabilmektedir. Genel yapının alt sistemlerinin herhangi bir hasar görmesi, kuraklık, kontrol edilemeyen yangınlar, seller ve artan sıcaklık artışları gibi diğerlerine zarar veren geri bildirimler yaratabilir, bitki yaşamını yok edebilir ve toprak erozyonuna yol açarak karbon depolamasını engelleyebilir. Bu hususların tümü daha fazla küresel ısınma ve iklim krizi anlamına gelmektedir. Doğa ve canlı dünyasına ait olan biyoçeşitlilik kavramı da dünya üzerindeki hayvan türlerinden bitki türlerine ve mikrobiyoma kadar tüm alt yaşam formlarının çeşitliliğini ifade eder ve ekosistemlerin işlevselliği için kritik bir rol oynar. Biyoçeşitliliğin insan sağlığına olan etkilerinin ve sağlık açısından ilişkilerin incelenmesi, doğal süreç içinde insanın sağlığının sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi ve sağlığın korunması açısından çok önemlidir. Bu ilişkiyi anlamak için; tüm dünyadaki biyolojik çeşitliliğin ve küresel çevrenin değişimini polen taşıyıcıların azalmasından, insanların gezegenin yaşanabilir yüzeyinin yaklaşık yarısını beslemek ve kendileri için kaynak sağlamak amacıyla kullanmasına kadar farklılıkları barındıran birçok bilimsel kanıta odaklanılarak ortaya konması gereklidir. Bu bölümde, birçok açıdan doğa ile ilişki barındıran sağlık-biyoçeşitlilik konusu, beslenme dışındaki parametreler üzerinden ilişkilendirilerek, mevcut bilgiler ışığında ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler

İnsan sağlığı, Zoonoz ve bulaşıcı hastalıklar, Mikrobiyom, Farmasötikler, Gezegen sağlığı

EFFECTS OF BIODIVERSITY ON HEALTH

Fatma ÇELİK, Emre MANİSALI
Biruni University

Abstract

Biodiversity comprises the diversity, abundance, and identity of species, their genes, and ecosystems and underpins ecosystem services that are essential for human health and well-being. Recently, in the health literature, after the development of the concepts of planetary health, one-person health, and eco-health, it has been accepted that the natural world, including living and non-living entities, is a general structure consisting of interconnected subsystems. It can now be proven in many ways that even a slight damage to the balance of this general structure affects the entire structure by creating a butterfly effect. Any damage to the subsystems of the overall structure can create damaging feedback on others, such as droughts, wildfires, floods, and increased temperature, destroying plant life, leading to soil erosion, and preventing carbon storage, all of which mean that further global warming and climate crises have occurred. The concept of biodiversity, which belongs to the world of nature and living things, expresses the diversity of all lower life forms on Earth and plays a critical role in the functionality of ecosystems. Examining the effects of biodiversity on human health and the relationships in terms of health is very important in ensuring the sustainability of human health in the natural process and protecting health. To understand this relationship, it is necessary to present the changes in biodiversity and the global environment around the world by focusing on scientific evidence, from the decrease in pollinators to the fact that humans use approximately half of the planet's habitable surface for nutrition and to provide resources for themselves. In this article, the issue of health biodiversity, which has a relationship with nature in many aspects, has been attempted in light of available information by relating it to parameters other than nutrition.

Keywords

Human health, Zoonosis and communicable diseases, Microbiome, Pharmaceuticals, Planetary Health

1. GİRİŞ

Dünyanın biyolojik çeşitliliği benzeri görülmemiş bir oranda azalmakta iken (Intergovernmental Science-Policy Platform [IPBES], 2019), bu durum zengin ve fakir tüm insanların yaşam kalitesini tehdit etmektedir. Birçok ülkenin amaçları arasında yer vermekte olduğu, Birleşmiş Milletler tarafından geliştirilen ve takip edilen küresel “Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri” açısından COVID 19 Pandemisi ve yaşanan doğal afetler, savaş ortamı nedeniyle, 2030 yılında beklenen yerde olmak bir yana, bu hedeflerden geriye doğru gidilmiş olması, insanın sağlığı için hiç istenmeyen bir duruma dönüşmektedir (SDG Raporu, 2023). Dünya genelinde görülen çevresel kriz ise artık sadece insanı değil, tüm yaşam formlarını etkileyerek küresel sağlık acil durumu oluşturacak kadar ciddi bir hal almıştır.

Bu nedenle, yakın zamanda 200’den fazla sağlık dergisinde konuya ilişkin olarak, Birleşmiş Milletler Topluluğu siyasi liderleri ve sağlık profesyonellerine, iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik kaybının öngörülen ve kaçınılmaz bir kriz olduğu, insan sağlığının korunması ve ortaya çıkacak felaketten kaçınmak için, birlikte ele alınması gerektiğini kabul etmeye çağıran editöryal makale yayınlanmıştır (Abbasi vd., 2023). Bu makalede, iklim ve doğa krizine ayrı sorunlar gibi yaklaşılmasının tehlikeli bir hata olduğu belirtilmiştir. Ortak çalıştay ile 2020 yılında bir araya getirilen iklim ve doğa topluluklarının kanıtlarıyla “İklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik kaybının, sadece aynı karmaşık sorunun parçaları olarak ele alınması halinde, uyumsuzluğu önleyen ve faydalı sonuçları en üst düzeye çıkaran çözümlerin geliştirilebileceği” sonucuna varılmıştır (Portner vd., 2023).

Ayrıca sağlık alanında 2015 yılından bu yana Tek Sağlık ve Gezegen Sağlığı gibi kavramların gelişmesiyle de birlikte (Rabinowitz vd., 2018) doğal dünyada, birbirine bağlı birçok alt sistemin genel bir sistemi oluşturduğu kabul görmüştür. Bu durumda bir alt sistemin hasar görmesi veya yenilenmesi, diğerine etki eden geri bildirimler yaratabilir. Örneğin Japonya’nın Minamata kentinde balık yiyen sakinler arasında, kirli körfezdeki yerel balıkların kirlenmesi nedeniyle ortaya çıkan civa zehirlenmesi salgınından önce, balık ölümleri ve kedilerde ve diğer hayvanlarda nörolojik hastalık olayları yaşanmıştır. Bu olay, düzenlenmemiş endüstriyel üretimin dünya çapında sağlık tehlikesine yol açtığını ve çevrede yaygın kimyasal kirliliğe neden olduğunu da ortaya koymuştur (Pinello vd., 2022). Bu geri bildirimlere önemli örnek olarak; doğa kaybının başlıca nedeni olan kuraklık, orman yangınları, sellerin sadece ormansızlaşma ve arazi kullanımı değişiklikleri olarak kalmayıp, artan küresel sıcaklıkların etkileri ile bitki yaşamını yok etmesi ve toprak erozyonuna yol açarak karbon depolamasını engellemesi gösterilebilir. Kısacası giderek artan bu yöndeki değişikliklerin daha fazla küresel ısınma ve iklim değişikliği olarak karşımıza çıkması beklenmektedir (Ripple vd., 2023). Yanı sıra, doğanın olağanüstü bir yenileme gücü de vardır. Ormansızlaştırılan alanlar, doğal yenilenme yoluyla yeniden ormana dönüşebilir veya doğal karbon deposu görevi gören deniz fitoplanktonu, her 8 günde 1 milyar ton fotosentez yapan biyokütleyi dönüştürebilir (Falkowski, 2012). Bir alt sistemin eski haline getirilmesi,

diğerine fayda sağlayabilir; örneğin, toprağın yenilenmesi sera gazlarının atmosferden büyük ölçüde uzaklaştırılmasına katkıda bulunabilir (Bossio vd., 2020). Buna karşın, bir alt sisteme fayda sağlayabilecek eylemler diğerine zarar verebilir; örneğin, ormanlara tek tür ağaç dikmek havadaki karbondioksiti temizleyebilir, ancak sağlıklı ekosistemler için hayati öneme sahip biyolojik çeşitliliğe zarar verebilir (Levia vd., 2020). Tedavi olmak niyetiyle bilinçsizce kullanılan antibiyotikler yüzünden antibiyotiğe dirençli bakterilerin gelişmesi ve sonrasında hem insanlarda hem de hayvanlardaki artışı, antibiyotik tedavilerinin başarısız olmasına yol aarak insan ve hayvan sağlığı için büyük bir tehdit oluşturmuştur. Bu nedenle, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), “antimikrobiyal direnç”i küresel halk sağlığına yönelik en büyük on tehdit arasında saymaktadır. Antibiyotiğe dirençli bakteri, virüs veya parazit gibi mikroorganizmaların zamanla değişmesi, neden oldukları enfeksiyonlarla mücadele için kullanılan ilaçlara yanıt vermemesi, tedaviyi zorlaştırmakta ve hastalığın yayılma, ciddi hastalık ve ölüm riskini artırmaktadır (WHO, 2022).

Yaşayan dünyanın üzerindeki insanlar ile birlikte maruz kaldığı problemlerin ortaya konması aasından bu bölümde, doğa-medeniyet bağlamında insan sağlığı ve biyçeşitlilik kavramlarının etkileşimleri, beslenme dışındaki parametreler aasından gözden geçirilerek, mevcut bilgiler ışığında ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. SAğLIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ortaya çıkan tabloya göre değişim süreçleri sonucu insan sağlığı hem iklim krizinden hem de doğa krizinden doğrudan zarar görmektedir (Atwoli vd., 2021; Atwoli vd., 2022; WHO, UNEP, 2023). İklim ve doğa krizinin, doğrudan ve dolaylı olarak sağlık üzerindeki etkilerinin ortaya konulması için “Tek Sağlık” yaklaşımına göre, sistemler arasında farklı karmaşıklık düzeylerinde meydana gelen sağlıkla ilgili etkileşimlerin moleküler ve hücresel düzeyde anlaşılması ile gerçekteleşebilir. Bu noktada, çevresel kimyasallara maruz kalmanın, insanların veya hayvanların hücre reseptörleri üzerindeki etkisi veya insan, hayvan veya çevresinde bulunan mikrobiyal topluluklar arasında antibiyotik dirençli genlerin aktarılmasına neden olabileceği yönündeki çalışmalar örnek verilebilir. İnsan sağlığına yönelik biyopsikososyal modelde olduğu gibi, bu etkileşimlerin çoğu “sistem biyolojisi” veya “patojen biyolojisi” ile a açıklanabilir. Etkileşimler, insan ile evindeki evcil hayvan arasındaki doğrudan temas gibi bireysel düzeyde de meydana gelebilir ve enfeksiyonun tedavisi gibi klinik müdahaleler gerektirebilir. Topluluk, ulusal, bölgesel ve küresel nüfus seviyeleri gibi daha yüksek etkileşim düzeylerinde, epidemiyoloji, sosyal ve davranış bilimlerinin yanı sıra atmosfer ve jeoloji bilimleri gibi klasik diğer araçlar ve günümüzde yeni bulgulara olanak sağlayabilecek olan “büyük veri (big data)” uzmanlığı ve yaklaşımları da gerekli olmaktadır. Bu şekilde sağlığa olan yaklaşım ile artan insan ve hayvan popölasyonlarının ve küresel / biyosferik ölçekte biyçeşitlilik kaybının birleşik etkisi gibi makro düzeydeki veya “gezegensel” düzeydeki etkileşimlerini ele almak için projeksiyonlar yapılmaktadır (Rabinowitz, 2018) (şekil 1).

Son yıllarda ölçeği, sıklığı ve yoğunluğu artan iklim değişikliği, sıcak hava dalgaları, kontrol edilemeyen yangınlar, seller, tropikal fırtınalar ve kasırgalar gibi insani acil durumlara doğrudan neden olmaktadır. Araştırmalar, şu anda 3,6 milyar insanın iklim değişikliğine yüksek duyarlılıktaki bölgelerde yaşadığını göstermektedir. Küresel ölçekli raporlarda, 2030 ile 2050 yılları arasında iklim değişikliğinin, yalnızca yetersiz beslenme, sıtma, ishal ve sıcaklık stresinden kaynaklanan yılda yaklaşık 250.000 ek ölüme neden olmasının beklendiği ifade edilmektedir (Magnano San Lio vd., 2023).



Şekil 1. Hayvanlarda ve insanlarda meydana gelen sentinel olaylar, daha yüksek küresel ve gezegensel düzeylerde sağlık tehditlerine karşı nasıl uyarı sağlayabilir (Rabinowitz vd.,2018).

Karadaki suyun kirlenmesi, o suyun okyanusa aktığında uzaktaki ekosistemler üzerinde geniş kapsamlı etkilere neden olabilir. Temiz suya erişim, insan sağlığı için temel öneme sahiptir. Ancak artan kirlilikler sonucu, su, kalitesinin dışında, barındırması olası mikroorganizmalar yolu ile su kaynaklı hastalıkların artmasına neden olmuştur (WHO, 2023). Nehirler ve tatlı su biyolojik çeşitliliği, yüzyıllar boyunca sistematik olarak değiştirilmiş ve bozulmuştur; 1000 km'den uzun nehirlerin büyük çoğunluğu artık serbest akışlı değildir. Örneğin Avrupa'da, nehir sistemlerini parçalayan 1 milyondan fazla bariyer ve yaşayan gezegen endeksi gibi tatlı su balıklarının biyolojik çeşitliliğinin durumuna ilişkin göstergeler hem anadrom hem de potamodrom balıklarda %70'in üzerinde düşüşler rapor etmiştir. Su haklarına ilişkin çatışmaların, hem ülkeler içinde hem de ülkeler arasında

meydana gelen davalardan silahlı şiddet içeren çatışmalara kadar uzanan sonuçları vardır. Ayrıca iklim değişikliğinden kaynaklanan baskılar, mevsimsel ve on yıllık kuraklıklar gibi, hem uzun ömürlü nehir sistemleri hem de aralıklı nehirler için potansiyel olarak zararlı sonuçlar doğurabilir (Hansen, 2023).

Dünya çapında insanların yaklaşık beşte biri yiyecek ve geçim kaynakları için yabani türlerin tüketimi ile besin sağlamaktadır. İyi beslenme, gıdanın çeşitliliği ile desteklenmektedir, ancak gıda sisteminde de genetik çeşitlilikte çarpıcı bir kayıp söz konusudur (IPBES, 2022). Yaban hayatındaki azalma, özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde tüm insanlığın yanı sıra bu popülasyonlar için büyük bir sorundur. Birçok Afrika, Güney Asya ve küçük ada ülkesinde, doğal besinlerden elde edilmesi gereken proteinin yarısından fazlası balıktan gelmektedir. Ancak, okyanus sularının asitlenmesi deniz ürünlerinin kalitesini ve miktarını azaltmıştır (Falkenberg vd., 2020) Arazi kullanımındaki değişiklikler, on binlerce türü daha yakın temasa zorlayarak patojen alışverişini artırabilir ve yeni hastalıkların ve salgın hastalıkların yeniden ortaya çıkmasına neden olabilir (Dunne, 2022). Zoonozlar, insanların tarımsal faaliyetler sırasında, evcil veya doğal ortamdaki hayvanlarla yakın teması nedeniyle dünya çapında önemli bir halk sağlığı sorunudur. COVID-19'un ortaya çıkışı ve pandemiye yol açması, insan-yaban hayatı etkileşimlerinden kaynaklanan yeni bulaşıcı hastalıkların olası risklerini vurgulamış ve antroposen çağındaki insanın kâbusu haline gelmiştir. Zoonozlar aslında bulaşıcı hastalıkların yaklaşık %75'ini oluşturur. Gelişmemiş ve gelişmekte olan bölgelerde olduğu kadar, gelişmiş Avrupa ülkelerinde de sivrisinek kaynaklı hastalıkların (sıtma, Dang humması, Batı Nil humması, Chikungunya gibi) yerel olarak yayıldığına dair kanıtlar artmaktadır. Ayrıca, kene kaynaklı hastalıkların (örneğin Lyme hastalığı) farklı bölgelere yayılması da söz konusudur. (Anoopkumar & Aneesh, 2022).

Bulaşıcı hastalıkların önlenmesinde biyolojik çeşitliliğin ve işleyen ekosistemlerin rolü incelendiğinde, biyolojik çeşitlilik ile bulaşıcı hastalık arasındaki ilişkilerin oldukça kompleks olduğu görülmektedir. Özellikle zoonotik hastalıklar, insanlarla diğer omurgalı hayvanlar arasında paylaşılan patojenlerin neden olduğu, insanlarda görülen bulaşıcı hastalıklardır. Daha önce, yüksek biyolojik çeşitliliğe sahip bozulmamış doğal alanlar, yeni zoonotik patojenlerin olası kaynakları olarak görülmüştür. Bu hipoteze göre biyolojik çeşitliliğin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabileceği öne sürülmekteyken, aynı zamanda biyoçeşitliliğin, insan popülasyonlarında zaten yerleşmiş olan bazı patojenlerin bulaşmasını azaltarak insan sağlığına potansiyel olarak faydalı olduğu da kabul edilmiştir. Ancak son araştırmalar, bazı taksonların zoonotik konakçı olma ihtimalinin diğerlerine göre çok daha yüksek olduğunu ve bu hayvanların genellikle insanların hâkim olduğu yerlerde çoğalarak, yayılma olasılığını artırdığını göstermektedir. Bununla birlikte, daha az zarar görmüş bölgelerde, bu zoonotik rezervuar konakçıların sayısı daha azdır ve rezervuar olmayanlar baskındır. Dolayısıyla, biyolojik çeşitlilik kaybının, insanların hem yeni hem de

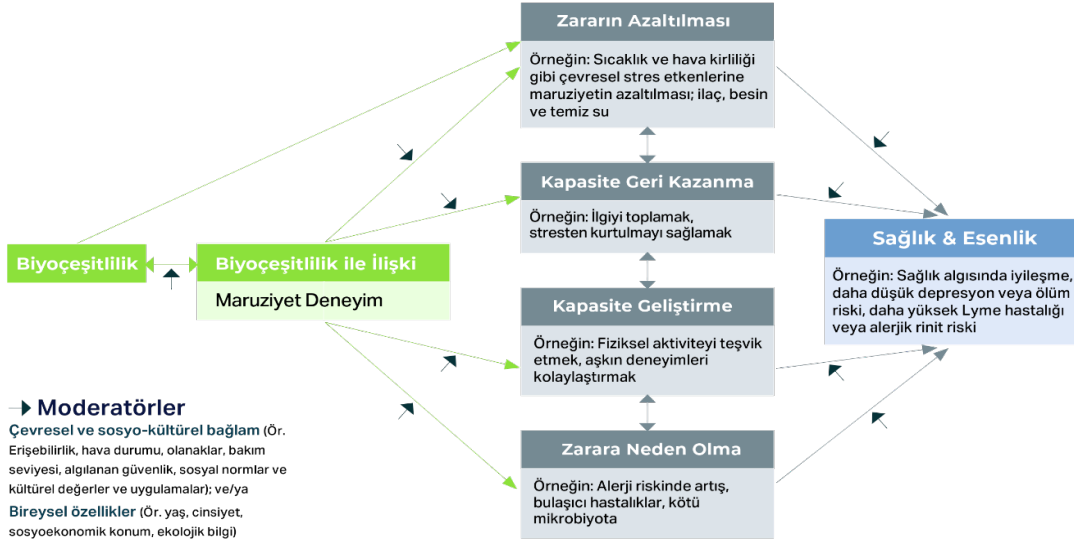
yerleşik zoonotik patojenlere maruz kalma riskini arttırdığı görülmektedir. Biyoçeşitliliğin zoonotik hastalıklar üzerindeki etkilerinin bu yeni sentezi, yönetime ve politikaya bilgi verebilecek yeni nesil çalışma sorularının araştırılmasına neden olmuştur. Gelecekteki çalışmaların odaklanması gereken noktalardan biri, zoonotik patojenleri bizimle paylaşan taksonların çeşitliliği, bolluğu ve bulaşma kapasitesi hakkında veri toplama ve analiz etmektir. Gelecekteki salgınları tahmin etmek ve önlemek için araştırmacıların aynı zamanda bu ölçümlerin insanların çevre üzerindeki etkilerine nasıl tepki gösterdiğine ve insan davranışlarının bu etkileri nasıl azaltabileceğine de odaklanmaları gerekmektedir. Biyolojik çeşitliliğin restorasyonu, zoonotik hastalık riskinin yönetiminde önemli bir rol oynayabilir (Keesing & Ostfeld, 2020).

İnsan faaliyetleri, biyolojik çeşitlilik açısından zengin ekosistemlerin sınırlarını ihlal ettiğinde, artan insan-patojen etkileşimlerine yol açar ve dolayısıyla iç tür etkileşimlerini ve ekosistem dengesini etkiler. Bulaşıcı hastalıklarla mücadelede karşılaşılan önemli zorluklardan biri, vektörlerin daha yerleşik hale geldikçe ve iklim değişikliği gibi faktörlere bağlı olarak habitatlarının genişlemesiyle vektör kaynaklı hastalık salgınlarının artma riskinin artmasıdır. Diğer bir zorluk ise doğal ekosistemlerin insan yerleşimleri için kentsel arazi şeklinde yeniden yapılandırılması gibi arazi kullanım değişikliklerinin, insanların, evcil hayvanların, yabani hayvanların ve bu habitatların etkileşimlerini artırarak zoonotik riski artırmasıdır. Ayrıca, uluslararası ticaret ve seyahat de zoonotik ve diğer bulaşıcı hastalıkların riskini artırarak bu hastalıkların dünya genelinde yayılmasına katkıda bulunmaktadır. (Marselle vd., 2022). Kentsel gelişme, doğal yaşam alanlarının kaybı, bozulması ve parçalanması, geçirimsiz yüzeylerin artması, ısı adası etkisi, su, hava, gürültü ve ışık kirliliği ve yerli olmayan türlerin ortaya çıkmasıyla ilişkili çevresel etkilerle sonuçlanır. Evet, kentleşme süreci genellikle doğal ekosistemleri değiştirir veya yerlerini yeni, insan etkili ekosistemlere bırakır. Bu yeni ekosistemler, abiyotik (dirimsel olmayan) ve biyotik (dirimsel) özellikler açısından farklılık gösterebilir ve böcekler gibi birçok organizma için uygun olmayan koşullar yaratabilir. Bu durum, yerel biyolojik çeşitliliği etkileyebilir ve bazı türlerin popülasyonlarını azaltabilir veya yok edebilir. Yalnızca bu yeni ve zorlu kentsel koşullarla başa çıkabilen veya bunlara uyum sağlayabilen türler şehirlerde hayatta kalabilir (Theodorou, 2022).

Marselle vd. (2022) tarafından geliştirilen kavramsal model ile biyoçeşitliliğin insan sağlığını dolaylı olarak nasıl etkilediği dört yolak ile izah edilmeye çalışılmaktadır (Şekil 2). Bu modele göre karmaşık olan ilişkiler şu şekilde çerçevelendirilmiştir:

- Zararın azaltılması (ilaçların sağlanması, hava ve gürültü kirliliğine maruz kalmanın azaltılması gibi)
- Kapasitelerin onarılması (dikkatin yenilemesi, stresten kurtulma gibi)
- Kapasitenin geliştirilmesi (fiziksel aktiviteyi kolaylaştırma, sıradışı kişisel gelişim deneyimleri gibi)

- Zarara neden olması (tehlikeli yaban hayatına, bulaşıcı hastalıklara veya alerjenlere maruz kalınması gibi)



Şekil 2. Biyçeşitliliği insan sağlığı ve refahına bağlayan yollar (Marselle vd., 2022).

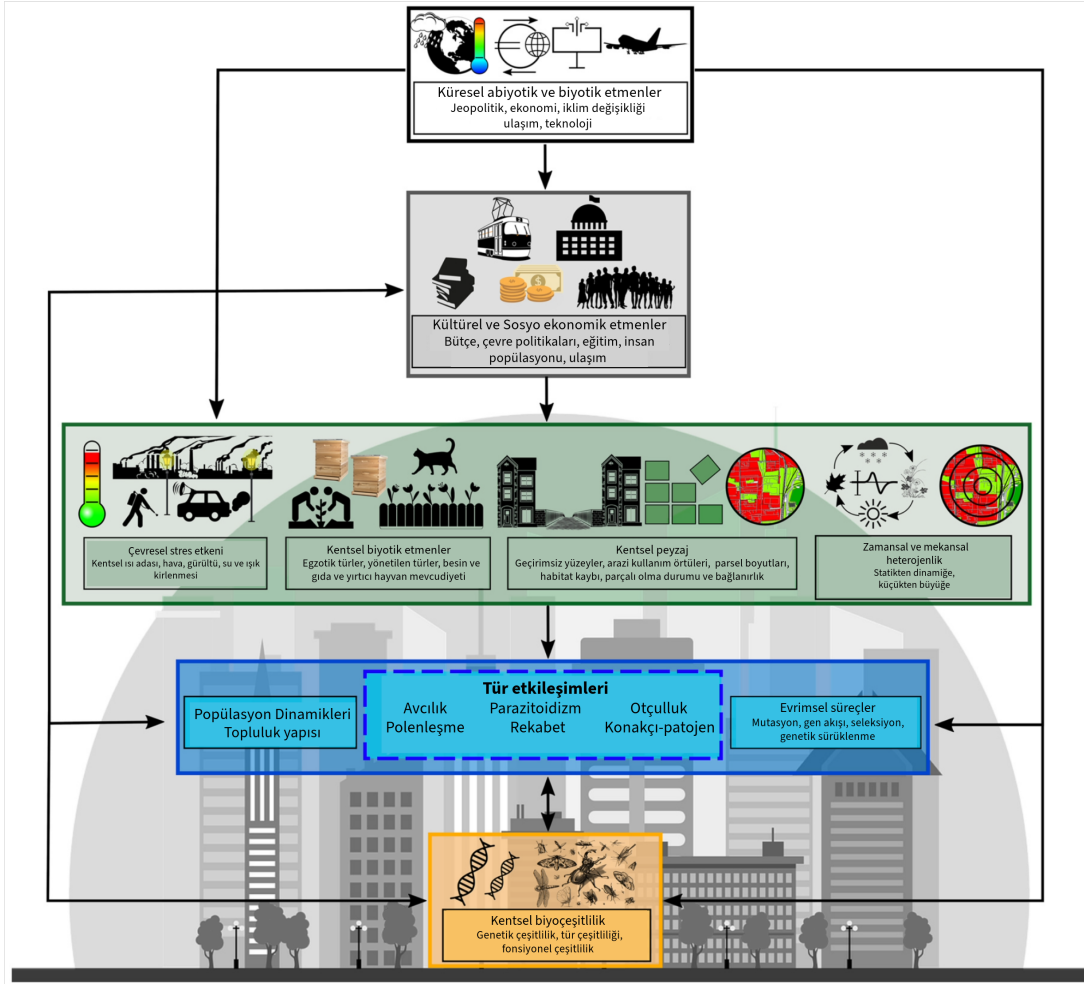
Şekildeki ilave bir yol-okdoğrudan zarar azaltma alanından geçmektedir; bu da biyçeşitliliğin, bir birey veya grubun biyçeşitlilikle ilişkisi olmadan da sağlığı etkileyebileceği anlamına gelmektedir (örneğin biyçeşitliliğin biyoremediasyon yoluyla yukarı havza su kalitesini iyileştirmesi gibi). Her bir alan diğerleriyle ilişkili olabilir (sunum kolaylığı için sadece bitişik ilişkiler gösterilmiştir). Alanlar arasındaki iki başlı oklar karşılıklı ilişki potansiyeline işaret etmektedir. Değişkenler arasındaki ilişkiler çevresel ve sosyo-kültürel bağlam veya bireysel özellikler tarafından değiştirilebilir.

Biyçeşitlilik, sağlık sorunlarını hafifleterek veya azaltarak sağlık ve refahı etkileyebilir. Bu alanda, biyçeşitliliğin sağlığın belirleyicilerine nasıl katkıda bulunduğunu (örneğin; ilaç, gıda ve temiz içme suyu gibi temel tedarik hizmetlerine erişim) ve hizmetleri düzenleyerek çevresel baskı faktörlerinin neden olduğu zararı azaltma yolları açıklanmaya çalışılmaktadır (Şekil 2). Bu konudaki özel alanda bazı yollar, yararlanan kişi veya popülasyonun her zaman ve doğrudan biyolojik çeşitliliğe maruz kalmasını veya biyolojik çeşitlilikle etkileşime geçmesini gerektirmeyebilir. Biyolojik çeşitliliğin belirli bir unsuru, temel tedarik hizmetinin kaynağından tamamen uzak bir yerde, örneğin tıbbi bitkilerin yetiştirildiği veya hava kalitesinin iyileştirildiği bir mekânda tüketilebilir veya fayda sağlayabilir.

3. BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK VE EKOSİSTEMLERDEKİ BOZULMA, MİKROBİYAL ÇEŞİTLİLİK VE SAĞLIK İLİŞKİSİ

Her ne kadar insan için aşırı soğukun, aşırı sıcaktan daha önemli olduğu tahmin edilse de, iklim değişikliği, kentsel alanlarda daha fazla insanın yaşaması ve yaşlanan nüfus nedeniyle daha yüksek hassasiyet gösterilmesi açısından aşırı sıcaklar, gelecek için özel bir endişe kaynağıdır. Şehirlerin planlanması, insanların aşırı sıcaklığa maruz kalma düzeylerini etkileyebilir. Bu etki, kentsel alanlardaki artan arazi ve hava sıcaklıklarının, özellikle doğal arazi örtüsünün farklı termal ve yapısal özelliklere sahip geçirimsiz örtülerle değiştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Bitki örtüsünün ve suyun (buharlaşma ve/veya gölgeleme yoluyla) soğutma etkileri, sıcaklığın düzenlenmesinde önemli bir rol oynar. Bu etkiler, mütevazı miktarlarda bile insanın termal konforunu ve ısı stresinin azaltılmasını etkilemektedir. Bitki örtüsünün bolluğu, yapısal özellikleri, taksonomik çeşitlilik, tür kompozisyonu, fonksiyonel çeşitlilik ve fonksiyonel kimliğinin, sağlanan soğutmanın kapsamını etkilediği bilinmektedir. Örneğin, ağaçların özellikleri (örneğin yaprak alanı, pigmentasyonu ve gölgelik yapısı), gelen güneş ışınımının nasıl yakalandığını etkilemektedir. Ayrıca, buharlaşma-terleme oranları, yaprak alanı, kanopi yüksekliği ve stoma ve hidrolik dirençler gibi türe bağlı bir dizi özellik tarafından belirlenir ve su mevcudiyeti gibi faktörler tarafından yönetilir. Soğutma için önemli olan gölgeleme özellikleri, aşırı UV maruziyetinden kaynaklanan melanom dışı cilt kanserleri gibi diğer zararlı maruziyetlerin sağlık üzerindeki etkilerini de etkileyebilir. Biyoçeşitliliğin sıcaklık düzenlemesindeki rolüne dair kanıtlara rağmen, bildiğimiz kadarıyla hiçbir epidemiyolojik çalışma, biyoçeşitliliğin insan sağlığı üzerindeki yararlı etkilerinin aşırı sığa maruz kalmanın azaltılmasıyla açıklanıp açıklanamayacağını araştırmak için aracılık analizini kullanmamıştır (Gunawardena, Wells & Kershaw, 2017).

Hava ve gürültü kirliliği, özellikle kent sakinleri için olumsuz insan sağlığı sonuçlarının iyi bilinen nedenlerindendir. Sağlıkla ilgili standartların aşıldığı yerlerde, ağaç ve diğer bitki türlerinin hava kirliletiçi konsantrasyonlarını düzenleme ve gürültüyü azaltma potansiyeli özellikle önemli olabilir. Ayrıca, ağaç çeşitliliğinin şehirlerdeki hava kirliliğini azaltma potansiyeli üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğuna dair kanıtlar da bulunmaktadır. Benzer şekilde, daha yüksek yapısal karmaşıklığa ve yoğunluğa sahip bitki örtüsünün, yollardan gelen ultra ince parçacıklara karşı etkili bir bariyer olduğu bulunmuştur. Ayrıca, hava kalitesi açısından, kentsel bitki örtüsünün net etkisi, bitki örtüsü yapısına ve belirli işlevsel özelliklere bağlı olarak çevredeki havayla karmaşık kimyasal ve fiziksel etkileşimlerden dolayı hala tartışmalıdır. Alerjenik polen veya uçucu organik bileşikler gibi bazı özellikler de sağlığı olumsuz yönde etkileyebilir. Hava ve gürültü kirliliği doğayı insan sağlığına bağlayan araçlar olarak araştırılmış olsa da bugüne kadar hava ve gürültü kirliliğinin azaltılmasının biyolojik çeşitliliğin belirli unsurları ile insan sağlığı arasındaki ilişkiye aracılık edip etmediğini araştıran çalışmalar yapılmamıştır (Lelieveld vd., 2019; Marselle vd., 2016).



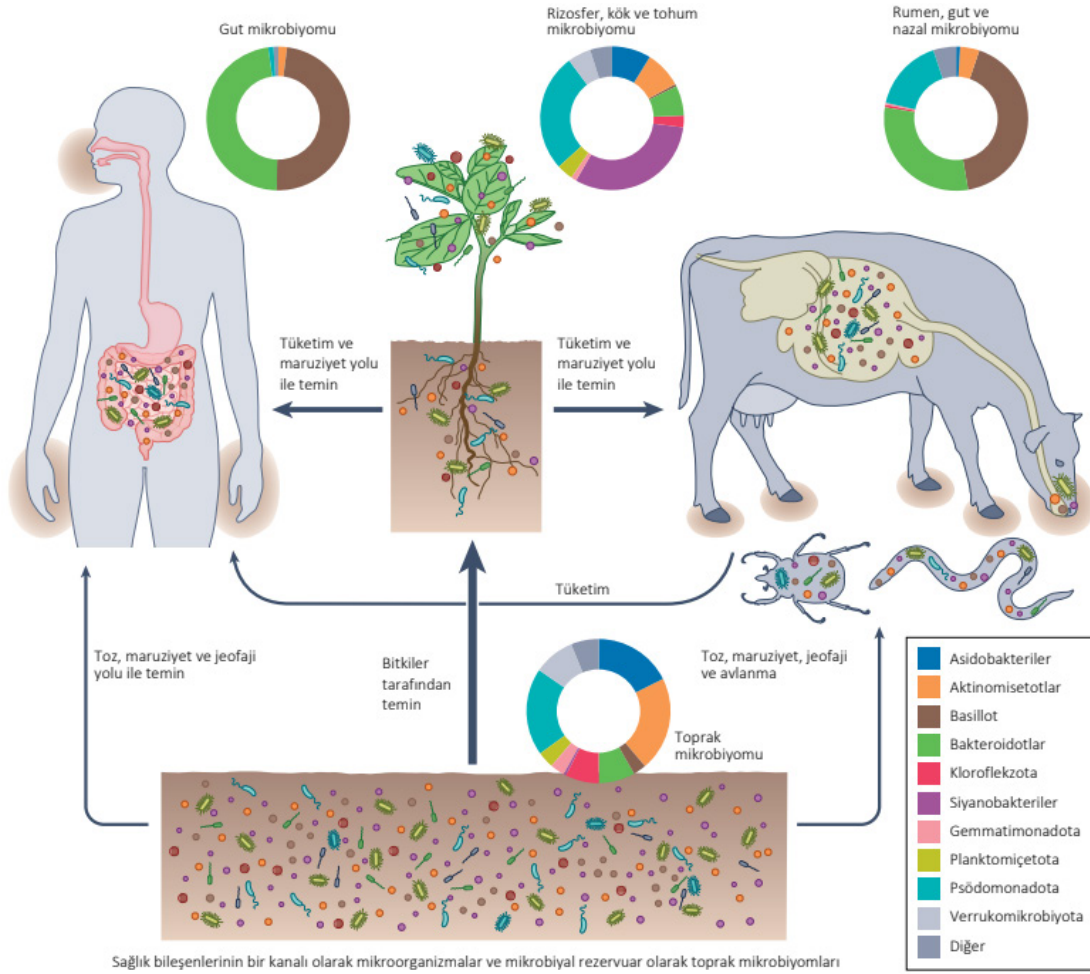
Şekil 3. Tür etkileşimlerini ve kentsel biyolojik çeşitliliği etkileyebilecek mekanizmalar ve süreçlere ilişkin hipotezleştirilmiş nedensel model (Theodorou, 2022).

Kentsel çevresel biyotik ve abiyotik faktörler (yeşil kutu), popülasyon dinamiklerini, topluluk yapısını, evrimsel süreçlerin yanı sıra tür etkileşimlerini (mavi kutu) ve kentsel biyolojik çeşitliliği (turuncu kutu) etkileyebilir. Tür etkileşimleri ve kentsel biyolojik çeşitlilik de dahil olmak üzere eko-evrimsel süreçler, küresel ölçekte abiyotik ve biyotik koşullar (beyaz kutu) ve ayrıca kültürel ve sosyoekonomik faktörler (gri kutu) yoluyla doğrudan ve dolaylı olarak etkilenebilir. Kentsel ekolojik ve evrimsel süreçler; Ekosistem hizmetleri (örneğin tozlaşma) ve olumsuz hizmetler (örneğin otçulluk) biçiminde topluma yönelik ekolojik etkileşimler geri bildirimi dahil.

Mikroorganizmalar, toprakta ezici bir çoğunlukta bulunur ve bitkilerden sonra toprakta ve derin yüzeyde yaşayan mikroorganizmalar, dünya üzerindeki küresel biyokütlenin en büyük bölümünü temsil eder. Bakteriler en yaygın olanıdır (%15), ancak mantarların (%2) ve Archaea'nın (%1) biyokütleleri de hayvanlarınkinden (%0,3) daha büyüktür. Ayrıca toprak genellikle 0,5 mg'dan fazla mikrobiyal biyokütle karbonu ve gram başına 50.000'den fazla türle Dünya üzerindeki en çeşitli ve karmaşık mikrobiyomu da barındırır. Bakteriler ve mantarlar genellikle topraktaki baskın mikroorganizmalardır ve protistler ve arkelerden daha fazla biyokütleyle sahiptirler. Üstelik bir gram toprakta 107-109 virüs parçacığı bulunabilir. Dolayısıyla, kaynak-havuz açısından bakıldığında toprak, karasal ekosistemlerdeki mikroorganizmaların ana kaynağı ve böylece tek sağlığın temeli olarak değerlendirilebilir (Banerjee & van der Heijden, 2023) (Şekil 2).

İnsan sağlığı ve refahı, insan vücudunda ve doğal çevrede prosesleri hızlandıran sağlıklı ve biyolojik açıdan çeşitliliği olan bir mikrobiyoma dayanmaktadır. İnsanların doğal çevreyle temasını kaybetmesi ve biyoçeşitlilikteki azalma, özellikle insan mikrobiyomundaki çeşitlilik kaybı; obezite, diyabet, astım gibi kronik hastalıklar, otoimmün, inflamatuvar hastalıklar ile alerjik ve nöropsikiyatrik bozukluklardaki artışlar ile de ilişkilendirilmiştir (Ritchie, 2019). Doğal ortamlar, geniş kapsamlı ekosistem hizmeti olarak tanımlanan faydalarının sağlanmasında kritik rol oynayan mikrobiyal popülasyonları barındırmaktadır (Delgado-Baquerizo vd., 2016). Bu nedenle, insan sağlığını koruyan ve iyileştiren ekosistemlerin, çeşitli ve etkin bir şekilde çalışan mikrobiyal topluluklara sahip olması gerekmektedir. İnsan vücudu, çok sayıda mikroorganizma barındırmaktadır. Bu mikroorganizmalar, insan yaşamını ve sağlığını sürdürmek için gerekli olan pek çok farklı süreçte rol oynamaktadır. İnsan mikrobiyomunun simbiyotik toplulukları, gastrointestinal, ürogenital ve solunum yollarında olduğu gibi ciltte de bulunmakta ve insanların fiziksel ve zihinsel sağlığının çeşitli yönlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle bağırsak mikrobiyomundaki yüksek biyolojik çeşitlilik, muhtelif işlevlerin sağlanması ve sürdürülmesine yardımcı olmaktadır.

Çevre ve insan mikrobiyomunun etkileşimde bulunduğu, makro düzeydeki biyolojik çeşitliliğin mikrobiyal çeşitliliğe eşlik ettiği ve bu durumun sağlıklı ve çeşitli olması gereken insan mikrobiyomunu desteklediği öne sürülmektedir (Flandroy vd. 2018). Çünkü çevresel ortamlarda bulunan mikrobiyal topluluklar, yerleştikleri nişlere iyi uyum sağlarlar. Ancak bu mikrobiyal toplulukların çevrelerindeki büyük ve ani değişiklikler, bu toplulukların bileşimini ve yapısını değiştirebilir ve mikrobiyal topluluklar bu değişikliklerden sonra toparlanmakta yavaş kalabilir. Kirlilik, iklim değişikliği ve aşırı antibiyotik kullanımı gibi önemli bozulmalar, mikroorganizmaların hayati ekosistem hizmetlerini yerine getirme yeteneğini azaltabilir. İnsan mikrobiyomu da benzer şekilde hassastır ve doğal olarak çevresel mikrobiyom ile bağlantılıdır. Bu nedenle çevresel ortamdaki mikrobiyal toplulukların bozulması ve insanların bu topluluklarla etkileşim biçimindeki değişiklikler (örneğin, şehirlerde yaşayanların doğayla temasının azalması), insan mikrobiyomunda sağlığı olumsuz etkileyebilecek değişikliklere yol açabilir (Wong & Osborne, 2022).



Şekil 4. Toprak, bitki, hayvan ve insan mikrobiyomları arasındaki bağlantı (Banerjee & van der Heijden, 2023).

Bitki ve hayvan türlerindeki çeşitlilik kaybı, çevresel mikrobiyal çeşitliliği olumsuz etkileyebilir ve ekosistem fonksiyonlarını değitirebilir. Marselle vd. (2020), bitki örtüsünün zaten seyrek olduğu yerlerde biyolojik çeşitliliğin daha önemli olabileceğini, dolayısıyla genel olarak bitki örtüsünün düşük olduğu alanlarda miktarın daha olumlu etkileri olabileceğinden bahsetmektedir. Bu konudaki tutarsızlıkların sabah ve öğleden sonra arasındaki veri toplama farklılıklarından da kaynaklanıyor olabileceği (Merhost vd., 2021), tür verilerinin genellikle yıllar boyunca günün farklı saatlerinde toplandığı ve öğleden sonra kaydedilen kuş türlerine ilişkin verilerin daha zengin olma eğiliminde olduğuna dikkat çekmiştir (Craig & Roberts, 2001).

Bu alanda birçok çalışma olmasına rağmen mikrobiyota çeşitliliği doğrudan ölçülemediği. Bu nedenle bitki, kuş veya diğer hayvan çeşitliliğinin “mikrobiyota çeşitliliği” maruziyetini ne kadar iyi temsil ettiği de açık değildir. Bu çalışmalara ilişkin olarak biyolojik çeşitlilik hipotezini incelemek için, bazı varsayımların eleştirel açıdan değerlendirilmesine ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Öncelikle kırsal alanlar daha fazla biyolojik çeşitliliğe sahip olup yerleşim alanları daha azdır. Bu sebeple, bitki ve kuş türlerinin zenginliği, genel peyzajın biyolojik çeşitliliğinin bir göstergesidir. Biyoçeşitlilik açısından kırsal-kentsel ikilemi sezgisel olmasına rağmen, sınırlı literatür ile de olsa kırsal ortamlarda kentsel merkezlere göre daha çeşitli mikrobiyal kompozisyonun olduğu doğrulanmıştır. Eğer kentsel çevre gerçekten daha az biyoçeşitliliğe sahipse, biyoçeşitlilik hipotezi bağlamında şizofreni gibi bazı nöropsikiyatrik bozuklukların kentsel alanlardaki kendine özgün baskınlığını incelemenin de bu bakış açısı ile yerinde olacağı düşünülmelidir (Peen vd., 2010).

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda insan mikrobiyotası ile psikiyatrik bozukluklar arasındaki etkileşime olan ilginin de artmakta olduğu görülmektedir. Küçük çaplı da olsa yapılmış incelemelerden elde edilen sonuçlar, biyolojik çeşitlilik ve ruh sağlığı arasındaki etkileşime vurgu yapan hipotezi tutarlı bir şekilde desteklemektedir. Bu bulgular, biyoçeşitliliğin ruh sağlığı üzerindeki etkilerini sadece psikolojik mekanizmalar yolu ile değil, biyo-fizyolojik mekanizmalar yolu ile de meydana gelmesinin mümkün olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmalarda kentsel yeşil alanlardaki kısa etkileşimler sırasında bile, ortamın mikroorganizmalarının doğrudan insanlara aktarabildiğini göstermiştir. Hatta yapılmış olan bazı insan müdahale çalışmaları nöropsikiyatrik bozuklukların patofizyolojinin bir parçası olarak bağırsak mikrobiyotası ile arasındaki bağlantıları da desteklemektedir. “Yeşil alan çeşitliliğinin mi?” yoksa “miktarının mı?” nöropsikiyatrik bozuklukların görülme sıklığını etkilediği hala tartışmalıdır (Vassos vd., 2012).

Bu ek mekanizmalara ilişkin biyoçeşitliliğe dayalı tedaviye yönelik daha ileri çalışmaların hızlandırılmasının nöropsikiyatrik bozukluklar için erişilebilir ve uygun maliyetli tedavi seçeneklerinin geliştirilmesinin yerinde olacağı kanaatini oluşturmuştur. Son yıllarda yapılan araştırmalar, ilaçların doğa ve çevre ile ilişkisini incelerken özellikle insan ve hayvanların vücutlarındaki antibiyotiklerin büyük bir kısmının dışkıyla atıldığını ve çevreye yayıldığını göstermektedir. Bu bileşikler, aslında hedef almadıkları mikroorganizmaları da etkileyerek patojenlerde direnç oluşturabilir. Bu durum, bulaşıcı hastalıkların önlenmesi ve etkili bir şekilde tedavi edilmesi için bir tehdit oluşturabilir. Diğer yandan, antibiyotik tedavisi, hedeflenmeyen mikroorganizmaları da etkileyerek insan mikrobiyomundaki dengeyi bozabilir. Bu durum, zararlı patojenlerin kolonize olabileceği bir ortamın oluşmasına neden olabilir. Şehirleşme ise, mikroorganizmalar da dahil olmak üzere insanın tüm doğal çevre bileşenleriyle temasını azaltabilir ve bu da insan mikrobiyomunda ciddi değişikliklere yol açabilir (Wong & Osborne, 2022).

Mikrobiyomdaki biyolojik çeşitliliğin temsiliyeti için altın bir gösterge henüz ortaya konulamamıştır. Bununla birlikte çalışmalarda insan sağlığı ile ilişkisini ortaya koymaya çalışırken, önyargıları önlemek için miktar, eşitlik ve çeşitliliğin kapsayıcı şekilde raporlanması gerekmektedir. Bu konuda karşılaşılan zorluklar arasında insanın antibiyotik kullanımının yanı sıra kişinin diyeti ve ortam sıcaklığı gibi kontrol altında tutulması son derece güçlü olan faktörler yer alabilir. Mikrobiyom analizinin maliyetinin düşmesi ve dizilenmesinin daha hızlı gerçekleştirilmesi ile çevre ve insan mikrobiyotası arasındaki veri etkileşimleri daha erişilebilir hale geleceği ve mekanizmalarının potansiyel olarak daha iyi anlaşılmasının sağlanacağı umulmaktadır. Henüz sağlıklı veya sağlıklı bir mikrobiyomun nasıl olması gerektiğine ilişkin evrensel bir tanımlama yapılamamıştır. Genetiğin, eksozomun, yaşam tarzının ve diyetin sağlıkta ve hastalıkta mikrobiyomu nasıl şekillendirdiğinin anlaşılmasına ihtiyaç vardır (Potter vd., 2023).

Gacesa vd. (2022), tarafından yapılmış olan Hollanda popülasyonunda 2.756 aile ve üç kuşaktan oluşan kohort çalışmasında, 8.208 bireyin bağırsak mikrobiyomlarındaki bakteriyel kompozisyon, fonksiyon, antibiyotik direnci ve virülans faktörlerinin profili çıkarılmıştır. Bunlar fiziksel ve zihinsel sağlık, ilaç kullanımı, diyet, sosyoekonomik faktörler, çocukluk ve mevcut maruziyet dahil olmak üzere 241 konakçı ve çevresel faktörle ilişkilendirilmiştir. Mikrobiyomun öncelikle çevre ve birlikte yaşama faktörleri tarafından şekillendiği tespit edilmiştir. Taksonların yalnızca yaklaşık %6,6'sı kalıtsal olduğu, yaklaşık %48,6'sındaki varyansın ise önemli ölçüde birlikte yaşamayla ilgili olduğu açıklanmıştır. Mikrobiyom ve sağlık arasında 2.856 ilişki tespit edilmiş, görünüşte hastalıklar ile ilişkisiz ve eşlik eden hastalıklardan bağımsız, ortak bir mikrobiyom imzası paylaştığı bulunmuştur. Ayrıca, mikrobiyom özellikleri ile diyet, sosyoekonomi ve hayatın erken dönemlerindeki ekspozom ve mevcut ekspozom arasında 7.519 ilişki tespit edilmiştir. Mevcut ekspozom ve erken yaşam dönemindekiler ile çok sayıda olmak üzere, mikrobiyom işlevi ve bileşimi ile önemli ölçüde ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Gelecekteki çalışmalarda, mikrobiyal çeşitliliğin zamandan tasarruflu ve doğrudan ölçümü için çevresel DNA'nın (eDNA) metabaR kodlama teknolojisiyle kullanılmasıyla daha kolaylaşacağı kanaati de mevcuttur. Çevrede bulunduğu bilinen türlerin DNA'sını örneklemek için eDNA'nın belirlenmesi de etik açıdan zararsız bir yaklaşımdır. MetabaR kodlama, eDNA'dan gelen dizileri taksonomik bir adla ilişkilendirmektedir (Bohmann vd., 2014). Ayrıca su, hava ve topraktaki böceklerin eDNA'sı, bitkilerin ve hayvanların varlığını görsel değerlendirmelerden daha yüksek hassasiyetle tahmin edebilir. En önemlisi, eDNA, mikrobiyal çeşitliliği ölçmek için mikrobiyal olmayan türleri vekil olarak kullanarak veri geçerliliği endişelerini de gidermektedir. Hızlı ve doğrudan ölçümlerin yapılabilmesi, aynı zamanda yükseklik gibi ince mekânsal verilerin toplanmasını da mümkün kılar ki bu durum mikroorganizma çeşitliliğinin en fazla olduğu yerden 0,5-2 metre yükseklikte tespit edildiğinde önemli bulgular sağlayabilir (Deiner vd., 2021).

İnsan, sağlık ve biyoçeşitlilik kaybının karmaşık ilişkisinde, üzerinde durulması gereken diğer bir nokta, doğanın aynı zamanda önemli bir ilaç kaynağı olması ve dolayısıyla çeşitliliğin azalması ile yeni ilaçların keşfinin de kısıtlamasıdır. Birçok ilaç, doğadan türetilmiş olan bitkiler, mikroorganizmalar ve deniz canlıları gibi kaynaklardan elde edilmiştir. Biyolojik çeşitlilik, yeni ilaçların geliştirilmesi ve sağlık hizmetlerinin sunulması açısından hayati öneme sahiptir. Bitkiler, hayvanlar ve tüm ekosistemler, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ve uzak, izole bölgelerde, insan sağlığını desteklemede hala önemli olan geleneksel tıbbın bileşenlerini oluşturmaktadır. Modern ilaçların yaklaşık üçte biri doğal kaynaklardan elde edilirken, birçok ilaç da doğal ürünleri taklit edecek şekilde tasarlanmıştır. Antibiyotikler, antiviraller, antiparaziterler, anestezikler, analjezikler, antihipertansif ilaçlar ve bazı kanser ilaçları gibi birçok ilaç, doğal bileşiklerden elde edilmiştir. Bu bileşikler, bitkilerde, hayvanlarda, mantarlarda ve mikroorganizmalarda bulunur ve savunma amaçlı olarak evrimsel süreçlerde üretilmişlerdir. Yüksek biyolojik çeşitlilik, tıbbi olarak kullanılabilecek yeni doğal bileşiklerin keşfi için olasılıkları artırır. Doğal dünyanın daha fazla araştırılması yeni farmasötiklerin keşfedilmesine yardımcı olabilir. Bugüne kadar bitkiler, bu konuda en büyük kaynak olmuştur, ancak diğer organizma grupları da potansiyel olarak değerlidir. Örneğin, deniz ekosistemlerinden henüz çok az ilaç türetilmiştir, bu yüzden deniz biyoçeşitliliği ve mikrobiyal çeşitlilik, yeni farmasötikler için önemli bir potansiyele sahiptir (Santos vd., 2020).

Doğadan elde edilen ilaçlar sayesinde, bir asır önce birçok insanın ölümüne neden olan birçok hastalık bugün tedavi edilebilir hatta tam olarak iyileştirilebilir hale gelmiştir. Ancak, iklim krizi, şehirleşme, değişen arazi kullanımı, çevresel hasar ve aşırı hasat gibi faktörlere bağlı olarak her iki yılda bir, önemli bir ilacın tükendiği tahmin edilmektedir. En bilineni, doğada nesli tükenmiş olan Porsuk ağacından elde edilen "Taxol" adlı kanser ilacıdır. Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IPCC) kırmızı listesi, şu anda bilinen 5000'den fazla tıbbi bitkinin %13'ünün tehdit altında olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, birçok modern sağlık hizmeti faaliyeti, atık üretimi yanı sıra yüksek enerji ve su talebi nedeniyle doğa üzerinde ciddi bir etkiye sahiptir. İlaçların aşırı veya kötüye kullanımı, mevcut ilaçların etkisiz hale gelmesine ve doğal savunma bileşiklerinin oluşmamasına neden olarak dirençli organizmaların (örneğin, antibiyotiğe dirençli bakteriler) gelişimine yol açabilir. Ayrıca, uluslararası ticaret, küresel ticari değeri 2,5 milyar ABD dolarını aşan tıbbi özelliklere sahip doğal maddelerin sürdürülebilir kullanımı üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır (Cragg & Newman, 2013).

Canlı türlerinin yok olması, insanların yeni farmasötik ürünler arama ve geliştirme yeteneklerini de tehlikeye sokmaktadır. Dünya üzerindeki yaklaşık 10 milyon türden sadece 2 milyonunun bilimsel adı mevcuttur ve bu türlerin çoğu hakkında çok az bilgi vardır. Bu nedenle, sadece bilinen değerli türlerin değil, tüm türlerin ve habitatların korunması hayati önem taşımaktadır. Çeşitliliğin korunması ayrıca sağlık hizmetleri için başka yararları

olduğu gibi salgın hastalıkların anlaşılmasına yardımcı olmak için çeşitli doğal habitatlardaki türler arasındaki ilişkilerin araştırılmasını kolaylaştırır. Biyolojik çeşitlilik kaybı, geleneksel tıpta kullanılan bitkileri, hayvanları ve mekanları da etkiler. Dünyadaki yerel biyçeşitliliğe ekonomik gelirleri ve dolayısıyla sağlık hizmetleri için bağımlı olan insanlar genellikle en yoksul sosyal gruplar arasındadır. Ayrıca, geleneksel bilginin kaybolması, ilaçların biyomedikal keşfini de etkiler; geleneksel bilgiyi kullanmak, kimyagerlerin tıbbi özelliklere sahip bileşikler bulma olasılığını büyük ölçüde artırır. Yerli halklar için doğayı önemsemek ve onunla bağlantı kurmak sağlıkları açısından özellikle önemlidir (Schultz & Cairney, 2017).

Doğada bulunmak ve yüksek kaliteli yeşil ve mavi alanlarla etkileşimde bulunmak, fiziksel sağlık ve ruhsal iyilik hali için çok yararlıdır. Yeşil alanlarda daha fazla zaman geçirmek, düşük kortizol ve kan basıncı gibi iyi sağlık göstergeleriyle ilişkilendirilmiştir ve daha iyi sağlık beyanı ile ilişkilendirilmiştir. Doğada zaman geçirmenin; erken doğum, düşük doğum ağırlığı, tip 2 diyabet gibi bazı sağlık sorunlarının oluşma riskini azalttığı ve tüm nedenlerden kaynaklanan ölüm riskini azalttığı gösterilmiştir. İnsan toplulukları, hava kirliliğini filtreleyen, hava ve yer sıcaklıklarını düşüren ve fiziksel aktivite fırsatları sunan yüksek kaliteli yeşil alanlara erişebildiklerinde daha sağlıklı olurlar. Doğayla bağlantı kurmanın stresi, yalnızlığı ve depresyonu azalttığı ve sosyal etkileşimi teşvik ettiği gösterilmiştir. Bu sağlık yararlarının, fiziksel aktivite, yenilenme ve rahatlama, arkadaşlar ve aile ile sosyalleşme için güvenli alanlar ve fırsatlar sağlamak da dahil olmak üzere pek çok şekilde gerçekleştiği düşünülmektedir. Özellikle yoğun ve yapay inşa edilmiş kentsel çevrelerde, doğal alanlara erişim ve mavi-yeşil alanların dağılımı, yaşam kalitesi, sağlık ve iyilik hali ile ilişkilidir. Yüksek kaliteli yeşil-mavi alanlarda daha fazla zaman geçirmek, fiziksel durum ve sağlık göstergeleri ile olumlu yönde ilişkilidir. Yeşil ve mavi alanları ziyaret etmek, fiziksel olarak aktif bir yaşam tarzını teşvik edebilir ve destekleyebilir. Bireylerin evlerinin etrafındaki yeşil alanların büyüklüğü ile ölüm riskinde azalma ilişkilidir. Yeşil-mavi alanlarda bulunmak yaşam doyumunun daha fazla olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Depresyon gibi ruhsal sağlık sorunlarının küresel hastalık yükünün önde gelen nedeni olacağı tahmin edilmektedir, bu nedenle doğal alanlara erişim ve bu alanların korunması, genel toplum sağlığı için kritik öneme sahiptir (Böbel vd., 2023).

Gezegemizdeki doğa ve iklim krizleri, sosyal ve ekonomik sistemlerin bozulmasıyla birlikte sağlık üzerinde giderek artan etkilere sahiptir. Araştırmalar, kentsel alanlarda doğal unsurlara erişimin, özellikle yoksul insanlar arasında antidepresan ihtiyacını azalttığını göstermektedir. Doğal ortamlara yapılan düzenli ziyaretlerin yaşam doyumu ve mutluluk düzeyiyle ilişkili olduğu da belirlenmiştir. İyilik halinin bu yönleri, fiziksel ve ruhsal sağlıkla güçlü bir şekilde ilişkilidir. Yeşil ve mavi alanların nitelikleri ve özellikleri de sağlık için önemlidir. Örneğin, estetik açıdan çekici ve güvenli doğal ortamların, ruh sağlığını ve sağlığı geliştirici davranışları teşvik etme olasılığı daha yüksektir. Yüksek kaliteli, çekici ve çeşitli doğal çevrenin daha fazla ziyaret edilmesi muhtemeldir. Ayrıca, yüksek biyolojik

çeşitliliğe sahip yeşil ve mavi alanların, iyi ruh sağlığını ve iyilik halini destekleme potansiyeli vardır. Ancak, artan kentleşme ve arazi kullanımındaki değişiklikler, kaliteli yeşil ve mavi alanlara erişimi azaltmaktadır. Yüksek kaliteli yeşil ve mavi çevrelere eşit erişim, özellikle dezavantajlı bölgelerin bulunduğu kentsel alanlar için önemli bir sorundur. Kent parklarının ve diğer doğa alanlarının yetersiz olması, çevresel zarara ve elde edilecek yararın azalmasına yol açabilir. Kentsel yayılma ve alt yapıya bağlı olarak, erişilebilir doğal ortamların kaybedilmesi halk sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Bu durum özellikle kentsel alanlarda, konut, işyeri ve yollar gibi inşa edilmiş altyapının baskıları göz önüne alındığında geçerlidir. Kentin çevresinde ve kırsal alanlarda da doğal alanlar üzerinde benzer baskılar söz konusudur ve kentsel yayılımlar doğadaki sağlık geliştirici faaliyetler için fırsatların azalmasına neden olabilir (Theodorou, 2022).

COVID-19 pandemisi, birçok ülkede yeşil ve mavi alanlara erişimin sağlık açısından değerini yeniden vurgulamıştır. Kentsel yeşil ve mavi alanlar, nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde bile halk sağlığını destekler ve işleyen ekosistemlerin önemli bir parçası olabilir. Ancak, iyi yönetilen ekosistemlerde bile, insan sağlığına fayda sağlamak ve ekosisteme zarar vermeden kullanmak arasında bir denge bulunmaktadır. İnsan sağlığı sadece hastalık ve sakatlığın olmaması değil, fiziksel, zihinsel ve sosyal bir iyilik halidir. Bu durum dinamik bir süreçtir ve çevresel, sosyal, biyolojik, duygusal ve bilişsel koşullar ile sürekli olarak ilişkilidir. Doğal kaynakların tükenmesi ve artan bir şekilde devam etmesi, insan sağlığı üzerinde büyük bir etkiye sahip olacaktır (Zhang vd., 2022)

Tek Sağlık kavramı, halk sağlığı sonuçlarını iyileştirmek için birden fazla sektörün iletişim kurduğu ve birlikte çalıştığı programları, politikaları, mevzuatı ve araştırmaları tasarlamaya ve uygulamaya yönelik bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, hayvan, insan ve çevre arayüzündeki sağlık tehditlerini ele almak için önemlidir. Gezegen Sağlığı ise insanların bağlı olduğu doğal sistemleri koruyarak insan sağlığını geliştirme tutkusundan kaynaklanmıştır. Çevresel modifikasyonun insan sağlığı ve iyilik hali üzerindeki etkilerini ve bu etkileri yöneten siyasi, ekonomik ve sosyal sistemleri araştırmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyoçeşitliliğin korunması, ilaç geliştirme, çevresel kalite ve insan refahı için kritik bir rol oynamaktadır. Doğanın sürdürülebilirliğini sağlayarak, aynı zamanda insan sağlığını da korunabilir. Ne yazık ki gezegenimizdeki türlerin, insan dahil olmak üzere, çoğu hakkında sınırlı bir bilgiye sahibiz. Bu durumda her türün önemini öğreninceye kadar ve tüm varlıkların dünya üzerindeki sürdürülebilirlik açısından rolü olduğu kabul edildiğinde, sadece değerli olduğu bilinen türlerin değil, tüm türlerin ve habitatların korunması hayati önem taşımaktadır.

Son olarak, iklim değişikliğinin ve biyolojik çeşitlilik kaybının sağlık üzerindeki etkileri, tüm dünyada eşitsiz bir şekilde yaşanacak ve sonuçta da öncelikle en savunmasız topluluklar en büyük yükü üstlenmek zorunda kalacaktır. Bu nedenle, sağlık profesyonelleri hem biyoeitliliği yeniden sağlamanın hem de tüm sağlğın iyiliği için iklim değişikliğiyle mücadelenin güçlü savunucuları olmalıdır. Ayrıca siyasi liderlerde hem gezegendeki krizin saęlğā yönelik ciddi tehditlerini hem de krizle mücadele etmenin saęlğā getirebileceği faydalarını da kabul etmelidir. Bununla bağlantılı olarak eşitsizliğin de bu çevresel krizleri körüklediği iddia edilmektedir. Çevresel sorunlar ve sosyal/sağlık eşitsizlikleri, ortak etkenleri olan problemlerdir ve bunları acil olarak ele almanın tüm insanlık ve gezegen için potansiyel ortak faydaları olduğu ise çok açıktır. Doğru bir kavrayış hem siyasette hem de hepimizin yaşam kalitesinde bir dönüşüm yaratabilir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Abbasi, K., Ali, P., Barbour, V., Benfield, T., Bibbins-Domingo, K., Hancocks, S., et al. (2023). Time to treat the climate and nature crisis as one indivisible global health emergency, *BMJ*, 383:p2355. doi:10.1136/bmj.p2355
- Anoopkumar, A., Aneesh, E.M. (2022). A critical assessment of mosquito control and the influence of climate change on mosquito-borne disease epidemics. *Environ Dev Sustain.* 24, 8900–8929. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01792-4>
- Atwoli, L., Baqui, A.H., Benfield, T., et al. (2021). Call for emergency action to limit global temperature increases, restore biodiversity, and protect health. *BMJ*, 374:n1734. doi: 10.1136/bmj.n1734
- Atwoli, L., Erhabor, G.E., Gbakima, A. A., et al. (2022). COP27 climate change conference: urgent action needed for Africa and the world. *BMJ*, 379:o2459. doi: 10.1136/bmj.o2459
- Banerjee, S., van der Heijden, M.G.A. (2023). Soil microbiomes and one health. *Nat Rev Microbiol.* 21, 6–20. doi: <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00779-w>
- Bossio, D.A., Cook-Patton, S.C., Ellis, P.W., et al. (2020). The role of soil carbon in natural climate solutions. *Nat Sustain*, 3, 391–398. doi: 10.1038/s41893-020-0491-z
- Böbel, T.S., Hackl, S.B., Langgartner, D., Jarczok, M.N., Rohleder, N., Rook, G.A., Lowry, C.A., Gündel, H., Waller, C., Reber, S.O. (2018). Less immune activation following social stress in rural vs. urban participants raised with regular or no animal contact, respectively. *Proc Natl Acad Sci*, 115, 5259–5264.
- Cragg, G.M., Newman, D.J. (2013). Natural products: a continuing source of novel drug leads. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1830(6), 3670–3695.
- Craig, M.D., Roberts, J.D. (2001). Evaluation of the impact of time of day, weather, vegetation density and bird movements on outcomes of area searches for birds in eucalypt forests of south-western Australia. *Wildl Res*, 28, 33–39.
- Deiner, K., Yamanaka, H., Bernatchez, L. (2021). The future of biodiversity monitoring and conservation utilizing environmental DNA. *Environmental DNA*, 3, 3–7. doi: <https://doi.org/10.1002/edn3.178>
- Delgado-Baquerizo, M., Maestre, FT., Reich, PB., Jeffries, T.C., Gaitan, JJ., Encinar, D. et al. (2016). Microbial diversity drives multifunctionality in terrestrial ecosystems. *Nat Commun.* 7,10541. doi: 10.1038/ncomms10541
- Dunne, D. *Climate change “already” raising risk of virus spread between mammals.* (2022). <https://www.carbonbrief.org/climate-change-already-raising-risk-of-virus-spread-between-mammals> (Date of Access 15.01.2024).
- Falkenberg, L.J., Bellerby, R.G.J., Connell, S.D., et al. (2020). Ocean acidification and human health. *Int J Environ Res Public Health.* 17(12), 4563. doi:10.3390/ijerph17124563
- Falkowski, P. (2012). Ocean science: the power of plankton. *Nature.* 483, 17–S20. doi:10.1038/483S17a

- Flandroy, L., Poutahidis, T., Berg, G., Clarke, G., Dao, M.C., Decaestecker, E. et al. (2018). The impact of human activities and lifestyles on the interlinked microbiota and health of humans and of ecosystems. *Sci Total Environ.* 627, 1018–38. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.01.288
- Gacesa, R., Kurilshikov, A., Vich Vila, A. et al. (2022). Environmental factors shaping the gut microbiome in a Dutch population. *Nature*, 604, 732–739. doi: <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04567-7>
- Gunawardena, K.R., Wells, M.J., Kershaw, T. (2017). Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. *Sci Total Environ.* 584–585, 1040–1055. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>.
- Hansen, H.H., Bergman, E., Cowx, I.G., Lind, L., Pauna, V.H., Willis, K.A. (2023). Resilient rivers and connected marine systems: a review of mutual sustainability opportunities. *Global Sustainability*. 6,e2. doi:10.1017/sus.2022.19
- IPBES (2019). *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* <https://ipbes.net/global-assessment-report-biodiversityecosystem-Services> (Date of Access-11.01.2024).
- IPBES (2022). *Assessment report on the sustainable use of wild species*. <https://www.ipbes.net/sustainable-use-assessment>
- John, D.P., Potter, C.B., Geoffrey, D., Chris, C., Jeroen, D. (2023). A perspective on green, blue, and grey spaces, biodiversity, microbiota, and human health. *Science of The Total Environment*. 892, 164772. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164772>.
- Katia, C.P., Chiara, P., Joelma, R., Maria, L., Zaidan, D., João, N. (2022). Risks and benefits of the interaction with companion animals, Chapter 4 - Editor(s): Joana C. Prata, Ana Isabel Ribeiro, Teresa Rocha-Santos, One Health, Academic Press, 113-153, ISBN 9780128227947. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822794-7.00012-5>.
- Keesing, F., Ostfeld, R.S. (2021). Impacts of biodiversity and biodiversity loss on zoonotic diseases. *Proc Natl Acad Sci.* 27, 118(17):e2023540118. doi: 10.1073/pnas.2023540118.
- Kristine, B., Alice, E., Thomas, P.G., Gary, R.C., Simon, C., Michael. K., Douglas W.Y., Mark de, B. (2014) Environmental DNA for wildlife biology and biodiversity monitoring. *Trends in Ecology & Evolution*. 29(6), 358-367.
- Lelieveld, J., Klingmüller, K., Pozzer, A., Pöschl, U., Fnais, M., Daiber, A., Münzel, T., (2019). Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *Eur. Heart J.* 40, 1590–1596. doi: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz135>.
- Levia, D.F., Creed, I.F., Hannah, D.M., et al. (2020). Homogenization of the terrestrial water cycle. *Nat Geosci.* 13, 656-658. doi:10.1038/s41561-020-0641-y
- Magnano, S.L., Favara, G., Maugeri, A., Barchitta, M., Agodi, A. (2023). How antimicrobial resistance is linked to climate change: an overview of two intertwined global challenges. *Int J Environ Res Public Health*. 20(3), 1681. doi:10.3390/ijerph20031681

- Marselle, M.R., Hartig, T., Cox, T.C.D., Siân de Bell, S., Knapp, S., et al. (2021). Pathways linking biodiversity to human health: A conceptual framework. *Environment International*. 150, 106420. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106420>
- Marselle, M.R., Irvine, K.N., Lorenzo-Arribas, A., Warber, S.L., (2016). Does perceived restorativeness mediate the effects of perceived biodiversity and perceived naturalness on emotional well-being following group walks in nature? *J Environ Psychol*. 46, 217–232. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2016.04.008>.
- Marselle, M.R.; Bowler, D.E.; Watzema, J.; Eichenberg, D.; Kirsten, T.; Bonn, A. (2020). Urban street tree biodiversity and antidepressant prescriptions. *Sci Rep*. 10, 22445.
- Methorst, J.; Bonn, A.; Marselle, M.; Böhning-Gaese, K.; Rehdanz, K. (2021). Species richness is positively related to mental health—A study for Germany. *Landsc. Urban Plan*. 211, 104084.
- Otto-Portner, H., Scholes, B., Agard, J., et al. (2021). *Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change*. doi:10.5281/zenodo.4659159
- Peen, J., Schoevers, R.A., Beekman, A.T. (2010). The current status of urban-rural differences in psychiatric disorders. *Acta Psychiatr Scand*. 121, 84–93.
- Rabinowitz, P.M., Pappaioanou, M., Bardosh, K.L., et al (2018). A planetary vision for one health. *BMJ Global Health*, 3:e001137.
- Ripple, W.J., Wolf, C., Lenton, T.M., et al. (2023). Many risky feedback loops amplify the need for climate action. *One Earth*. 6, 86-91. doi:10.1016/j.oneear.2023.01.004
- Ritchie, H. (2019). *What are the environmental impacts of food and agriculture?* [website]. Oxford: Our World in Data (<https://ourworldindata.org/env-impacts-of-food>).
- Santos, J.D., Vitorino, I., Reyes, F., Vicente, F., Lage, O.M. (2020). From Ocean to Medicine: Pharmaceutical Applications of Metabolites from Marine Bacteria. *Antibiotics*. 9(8), 455. doi: <https://doi.org/10.3390/antibiotics9080455>
- Schultz, R., Cairney, S. (2017). Caring for country and the health of Aboriginal and Torres Strait Islander Australians. *Med J Aust*. 207(1), 8-10. doi:10.5694/mja16.00687
- The Sustainable Development Goals Report 2023: *Special Edition Towards a Rescue Plan for People and Planet* (Ed.Jennifer Ross), United Nations Publications, New York, USA. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf> (Date of Access: 5.01.2024)
- Theodorou, P. (2022). The effects of urbanisation on ecological interactions. *Current Opinion in Insect Science*. 52, 100922. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2022.100922>
- Vassos, E., Pedersen, C.B., Murray, R.M., Collier, D.A., Lewis, C.M. (2012). Meta-Analysis of the Association of Urbanicity With Schizophrenia. *Schizophr Bull*. 38, 1118–1123.
- WHO, UNEP, Convention on Biological Diversity. Connecting Global Priorities (2015) *Biodiversity and Human Health: A State of Knowledge Review*. Date of Access: 5.02.2024. <https://www.cbd.int/health/SOK-biodiversity-en.pdf>

- Wong, Y.S., Osborne, N.J., (2022). Biodiversity Effects on Human Mental Health via Microbiota Alterations. *Int J Environ Res Public Health*. 19, 11882. doi: [https:// doi.org/10.3390/ijerph191911882](https://doi.org/10.3390/ijerph191911882)
- World Health Organization. *Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS)*. Report (2022); WHO: Geneva, Switzerland, Volume 2.
- World Health Organization. *State of the world's drinking water: an urgent call to action to accelerate progress on ensuring safe drinking water for all*. (2022). Date of Access 5.02.2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240060807>
- Zhang, Y., Wang, Z., Lu, Y., Zuo, L. (2022). Biodiversity, ecosystem functions and services: Interrelationship with environmental and human health. *Front Ecol Evol*. 10, 1086408. doi: 10.3389/fevo.2022.1086408

Yazarlar Hakkında / About Authors

Prof. Dr. Fatma ÇELİK | Biruni Üniversitesi |
fcelik[at]biruni.edu.tr | ORCID: 0000-0002-7553-8687

Hacettepe Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü lisans (1988), H.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik alanında yüksek lisans(1991) ve Dicle Üniversitesi, SBE Halk Sağlığı alanında doktora (1996) mezunudur. D.Ü Tıp Fakültesi Dahili Bilimler/ Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalında yardımcı doçent, Halk Sağlığı Anabilim Dalında doçent ve profesör kadrolarında görev almıştır. Halen Biruni Üniversitesi'nde akademik hayatına devam etmektedir. Bilimsel performanslarının ağırlıklı olarak çocuk ve yetişkin klinik beslenme ve halk sağlığı alanlarında olduğu görülmektedir. Ayrıca "Beslenme ve Diyetetik" ve "Klinik Beslenme" alanlarında ulusal kitap ve bölümleri kaleme almış, pek çok kongre, sempozyum ve kursta konuşmacı ve eğitmen olarak görev almıştır. Alanında ders kitabı niteliğinde çeşitli kitapların editörlüğünü yapmaktadır. Uluslararası nitelikte "International Journal of Basic and Clinical Science/IJBCS" dergisinin bölüm editörüdür. Türkiye Diyetisyenler Derneği, Halk Sağlığı Uzmanları Derneği (fahri üye), Klinik Enteral Parenteral Nutrisyon Derneği ve AIDS Savaşım Derneği ve European Society of Enteral Parenteral Nutrition (ESPEN) üyesidir. Klinik Enteral ve Parenteral Nutrisyon KEPAN Derneği yönetim kurulunda iki dönem (2009-2013) ve D.Ü. Kadın Sorunları Araştırma Merkezi (DÜKSAM) 2012-2014 yıllarında yönetim kurulu üyeliği yapmıştır. Halen Türkiye Diyetisyenler Derneği'nin İstanbul temsilcisidir.

Prof. Dr. Fatma ÇELİK | Biruni University |
fcelik[at]biruni.edu.tr | ORCID: 0000-0002-7553-8687

She graduated from Hacettepe University, Department of Nutrition and Dietetics (1988), Hacettepe University Institute of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics (1991) and Dicle University, SBE, Department of Public Health (1996). She worked as an assistant professor in the Department of Internal Sciences / Child Health and Diseases of Dicle University Faculty of Medicine, associate professor and professor in the Department of Public Health. She is currently continuing his academic life at Biruni University. Her scientific performances are mainly in the fields of pediatric and adult clinical nutrition and public health. In addition, she has written national books and chapters in the fields of "Nutrition and Dietetics" and "Clinical Nutrition", and has taken part as a speaker and trainer in many congresses, symposiums and courses. She is the editor of various textbooks in his field. She is the section editor of the international journal "International Journal of Basic and Clinical Science/IJBCS". She is a member of Turkish Dietetic Association, Association of Public Health Specialists (honorary member), Clinical Enteral Parenteral Nutrition Association and AIDS Control Association and European Society of Enteral Parenteral Nutrition (ESPEN). She served as a member of the board of directors of the Clinical Enteral and Parenteral Nutrition KEPAN Association for two terms (2009-2013) and Dicle University Women's Issues Research Centre (DÜKSAM) in 2012-2014. She is currently the Istanbul representative of the Dietitians Association of Turkey.

Öğr. Gör. Emre MANİSALI | Biruni Üniversitesi |

emanisali[at]biruni.edu.tr | ORCID: 0000-0002-7342-4854

İstanbul Bilgi Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü'nden (İngilizce-Tam Burslu) 2015 yılında lisans mezunu olmuştur. Biruni Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik Tezli Yüksek Lisans Programından 2019 yılında mezun olmuştur. Devamında İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik Doktora programında başladığı eğitime halen devam etmektedir. 2016-2019 yılları arasında Biruni Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü'nde Araştırma Görevlisi kadrosunda görev aldıktan sonra bu yıldan itibaren halen Öğretim Görevlisi olarak akademik hayatını sürdürmektedir.

Lecturer Emre MANİSALI | Biruni University |

emanisali[at]biruni.edu.tr | ORCID: 0000-0002-7342-4854

He graduated from Istanbul Bilgi University, Department of Nutrition and Dietetics (English-Full Scholarship) in 2015. He graduated from Biruni University Institute of Health Sciences Nutrition and Dietetics Master's Programme with Thesis in 2019. Subsequently, he started her education in Istanbul Medipol University Institute of Health Sciences Nutrition and Dietetics PhD programme and is still continuing her education. After working as a Research Assistant in Biruni University Department of Nutrition and Dietetics between 2016-2019, he has been continuing his academic life as a lecturer since this year.



BİTKİLERDE BİYOÇEŞİTLİLİĞİN GENETİK TEMELLERİ

GENETIC SOURCES OF BIODIVERSITY IN PLANTS

Kamil HALİLOĞLU

BİTKİLERDE BİYOÇEŞİTLİLİĞİN GENETİK TEMELLERİ

Kamil HALILOĞLU
Atatürk Üniversitesi

Özet

Biyoçeşitliliğin yapıtaşlarından bir tanesi genetik çeşitliliktir. Genetik çeşitlilik bitki türlerinin çevre şartlarına adaptasyonu ve evrimi için gereklidir. Doğal popülasyonlarda genetik çeşitlilik, bireylerin iklim değişikliği, biyotik ve abioyotik kaynaklı çevresel değişikliklere ve baskılara karşı cevap oluşturmalarını sağlar. Genetik çeşitliliği oluşturan unsurların başında mitoz bölünme gelmektedir. Mitoz bölünme sayesinde ebeveynlerden gelen genler yeni kombinasyonlar oluşturarak yavrular meydana getirir. Ayrıca mitoz bölünme içerisinde cereyan eden parça değiş tokuşu (krosingover) olayı yavrulardaki çeşitliliği daha da artırmaktadır. Biyoçeşitliliğin oluşmasında ikinci temel kaynak ise mutasyonlardır. Mutasyonlar genom içerisinde meydana gelen kalıtsal değişikliklerdir. Mutasyonlar doğal ve yapay yollar ile gerçekleşebilir. Bitkilerde yüksek düzeyde gözlenen diğer bir etken de poliploidi durumudur. Poliploidi, aynı tür içerisinde hücrelerin temel kromozom setlerinden iki katından fazla olacak şekilde katlanması veya iki farklı türün kromozomlarının bir araya gelerek katlanması olayıdır. Bitkilerde biyoçeşitliliğin diğer bir genetik etkeni genom içerisinde yer alan hareketli elementlerdir. Bu elementler genom içerisinde yeni konumlara hareket edebilmektedirler. Hareketleri sonrasında yeni konumlarındaki gen ve gen bölgelerinin çalışmasını etkileyebilmektedirler farklılıklar oluşturmaktadırlar.

Anahtar Kelimeler

Mutasyon, Poliploidi, Hareketli elementler, Mitoz bölünme, Krosingover

GENETIC SOURCES OF BIODIVERSITY IN PLANTS

Kamil HALİLOĞLU
Atatürk University

Abstract

One of the pillars of biodiversity is genetic diversity. Genetic diversity is essential for the adaptation and evolution of plant species to environmental conditions. Genetic diversity in natural populations enables individuals to respond to climate changes, biotic and abiotic environmental changes, and stresses. Meiosis is one of the most important factors contributing to genetic diversity. Through meiosis, genes from parents form new combinations and produce offspring. In addition, crossing over during meiosis further increases diversity in the offspring. The second major source of biodiversity is mutations. Mutations are hereditary changes that occur in the genome. Mutations can occur naturally or artificially. Another factor observed at high levels in plants is polyploidy. Polyploidy is a condition in which the cells of an organism have more than one pair of (homologous) chromosomes. Another genetic factor in plant biodiversity is transposable elements in the genome. These elements can move to new positions in the genome. Once they have moved, they can affect the function of genes and gene regions in their new locations and create variability.

Keywords

Mutation, Polyploidy, Transposable elements, Meiosis, Crossing over

1. GİRİŞ

Genetik çeşitlilik, canlıların değişen çevre şartlarına uyum sağlaması ve herhangi bir çevresel faktörden kaynaklanan stresi tolere etmesi açısından oldukça önemlidir. Zengin bir gen havuzuna sahip olmak bir türün hayatta kalabilmesini sağlar. Popülasyonlar içerisinde farklı genetik yapıya sahip bireyler varsa, bazı bireylerin çevreye uygun olma ve yeni koşullara uyum sağlama, hayatta kalma ve bu aleli taşıyan döller üretme kapasitelerinden sorumlu olan genlere sahip olma olasılığı daha yüksektir (Çalışkan, 2012). Gen havuzu daha az çeşitliliğe sahip olan bitki popülasyonları aşırı streslere (örneğin kuraklık, hastalık salgınları) karşı daha fazla duyarlılığa sahiptir. Canlının uzun vadede hayatta kalması, değişen çevre koşullarına uyum sağlama yeteneğine bağlıdır. Genetik çeşitliliğin azalması veya kaybı, popülasyonların veya türlerin uzun vadeli uyum yeteneğinde bir azalmasına sebep olmaktadır. Popülasyondaki bazı bireyler, çevre şartlarına veya iklim değişikliklerini tolere edebilir ve bu koşullarda yaşamaya devam edebilir fakat farklı genler taşıyan diğer bireyler ise başarılı bir şekilde uyum sağlayamaz veya üreyip hayatta kalamaz. Bu durum popülasyon içerisinde yer alan bireylerin tamamen farklı genetik çeşitliliğe sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Ennos vd., 2000; Nonić & Šijačić-Nikolić, 2019).

Canlıların farklılığı ve değişkenliği olarak tanımlanan biyoçeşitlilik, yapısı ve işlevi açısından ekosistem için zorunludur. Bitki çeşitliliği, yeterince kayıt altına alınmamış ve arzu edilen düzeyde anlaşılmamış olmasına rağmen, doğal ürünlerin geliştirilmesi için hala anahtar konumundadır. Günümüzde tarımsal üretimi yönlendiren temel güç, artan insan nüfusu göz önüne alındığında hem gıda hem de lif ve biyo-enerji bitkileri gibi gıda dışı ürünler için artan üretimine yönelik taleptir. Geleneksel tarım içerisinde yer alan kimyasal gübre, herbisit ve pestisit kullanımları bitkisel üretime verim artışı şeklinde yansımaktadır. Ancak artık bu kimyasal bazlı tarımdan, daha çevre dostu ve sürdürülebilir bir tarım sistemine geçiş için küresel bir kaynak olarak biyoçeşitliliğe doğru bir eğilim vardır. Bitkisel genetik çeşitlilik, farklı bölgelerde ve çevre şartlarında üretim seviyelerini ve besin çeşitliliğini artırabilir. Ayrıca, agrosistemlerdeki biyoçeşitliliğin artırılması, su kaynakları ve hayvan, bitki ve mikrobiyal biyoçeşitliliği de olumlu yönde etkileyebilir (Sinapidou & Tokatlidis, 2011).

Bu çalışmamızda, bitkilerde biyoçeşitliliğin genetik temelleri hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır.

2. GENETİK VARYASYONUN KAYNAKLARI

Bitkilerde iki temel çoğalma tipi vardır ve bunlar vejetatif (eşeysiz) ve generatif (eşeyli) çoğalmadır. Genetik çeşitlilik her iki üreme tipinde de meydana gelir, ancak eşeysiz üremede DNA kopyalanmasındaki küçük hatalar nedeniyle DNA düzeyinde meydana gelen mutasyonlar yoluyla varyasyonlar çok daha az olurken, eşeyli üremede varyasyonlar farklı eşlerin devreye girmesi ve mayoz bölünmedeki rekombinasyondan kaynaklanmaktadır (Nonić & Šijačić-Nikolić, 2019).

Eşeysiz üreme, genetik olarak ebeveynle aynı olan döller oluşturur ve popülasyona yeni bir genetik çeşitlilik kazandırmaz. Yalnız hücre bölünmesi sürecinde bir mutasyon meydana gelirse döllerde farklılaşma gözlenir. Eşeysiz üremenin gerçekleştiği popülasyonlar tamamen klon bitkilerden oluşabilir ve bu nedenle çok az genetik çeşitliliğe sahip olabilirler veya hiç olmayabilirler. Bu durum bitkilerde klonal çoğaltım olarak da adlandırılmaktadır. Eşeysiz üremede hücreler, iki yavru hücrenin ebeveyn hücre ile aynı sayıda ve türde kromozom almasını sağlayan hücre bölünmesi olan mitoz bölünme yoluyla meydana gelir (Eriksson & Ekberg 2001). Mitozda ya da DNA'nın kopyalanmasında bir hata olursa, bu hata yavruya aktarılır ve muhtemelen yavrunun özelliklerini değiştirir, ancak eşeysiz üremede tüm mutasyonlar yavru da varyasyonlara neden olmaz (Nonić & Šijačić-Nikolić, 2019).

Eşeyli üreme, iki ebeveyn den gelen genetik materyalin (haploit hücre) birleştirilmesi suretiyle yeni bir canlının oluşması olayıdır ve bu süreçte her iki ebeveyn den gelen genler eşsiz bir kombinasyon oluşturarak ve onların özelliklerine sahip bir bireye dönüşecek olan diploid zigotu oluşturur. Eşeyli üreme sayesinde bir popülasyon genetik çeşitliliğini korur ve her yeni nesilde benzersiz bireyler oluşturur. Eşeyli üreme, mayoz bölünme adı verilen ve nihai sonucun dört haploid yavru oluşan bir hücre bölünmesidir (Eriksson & Ekberg 2001). Mayoz bölünmenin ilk aşaması olan profaz I'de kromozomlar birbirleriyle eşleşir ve kromozomların farklı bölgelerini değiştirerek mevcut genlerin yeni kombinasyonları oluşturur. Bu süreç, homolog kromozomların kromatidleri arasında krosingover (parça değişimi veya rekombinasyon) olarak bilinir. Bir ebeveyn organizma tarafından üretilen gamet hücresi, ebeveynin genetik materyalinin yarısını içerir. Bu parça değiş tokuşu nedeniyle, meydana gelen yavrular anne ve babalarından farklı bir alel veya gen setine sahip olurlar. Hücre bölünmesi esnasında meydana gelen rekombinasyon, fenotipik değişkenliğin yanı sıra önemli bir genetik varyasyonun da kaynağını oluşturur (Primack vd., 2015; Nonić & Šijačić-Nikolić, 2019).

Kromozom kombinasyonları iki farklı aşamada meydana gelmektedir. Birincisi, eşey hücrelerinin (gametlerin) oluşumu sırasında ve ikincisi ise erkek ve dişi eşey hücrelerinin döllenmesi sırasında meydana gelir. Gametlerin oluşumunda ve döllenmede, tüm gen gruplarını taşıyan kromozomların çok çeşitli kombinasyonları gerçekleşir. Hücredeki kromozom sayısı oluşacak muhtemel kombinasyonların sayısını etkilemektedir. Kromozom sayısı arttıkça kombinasyon sayısı da artar. Örneğin, 23 çift insan kromozomu, $2^{23} = 8.000.000$ genotipik olarak farklı gamet verebilecek ihtimale sahiptir. Döllenme esnasında ise, kromozom kombinasyonlarının sayısı 2^{23} (anneden) 2^{23} (babadan) $= 2^{46} \Rightarrow 70$ trilyon farklı oluşma ihtimali bulunmaktadır. Sonuç olarak, diğer eşeyli çoğalan canlılar gibi bitkilerde de mayoz bölünme genetik çeşitliliğin temel kaynağını oluşturmaktadır (Nonić & Šijačić-Nikolić, 2019).

Diğer önemli bir genetik çeşitlilik kaynağı mutasyondur. Mutasyonlar, kombinasyon, rekombinasyon ve gen etkileşiminin sonucu olmayan ancak canlıların genetik yapılarında meydana gelen kalıtsal değişiklikler (White vd, 2007) veya DNA dizisindeki bir veya daha fazla nükleotitte meydana gelen değişiklikler olarak tanımlanabilir.

Mutasyonlar, popülasyonların genetik yapısında yeni aleller oluşturarak değişimler meydana getirir ve varyasyon oluşturur (Freeman, 2000). Mutasyonların doğal olarak meydana gelme sıklıkları düşüktür ve kısa bir zaman periyodunda herhangi bir popülasyon genetik anlamda çeşitlilik oluşturması düşük bir ihtimaldir. Bununla birlikte, uzun vadede mutasyonlar popülasyonlardaki genetik çeşitliliğin temel kaynağını oluştururlar (Morić, 2016).

Mutasyonlar farklı tiplerde sınıflandırılabilir. Bitkilerde mutasyonun meydana geldiği hücreler açısından değerlendirildiğinde, iki farklı hücre tipinde mutasyon oluşmaktadır. Bunlar, somatik hücrelerde veya vejetatif hücrelerde (yaprak, kök vb.) ve generatif veya gametofitik hücrelerdir.

Somatik hücrelerdeki kalıtsal materyaldeki değişikliklerin bir sonucu oluşan farklılıklar somatik mutasyonun bir sonucudur. Bu değişiklikler birbirini takip eden mitoz bölünme ile aktarılır, bu nedenle tek tek organlarda değişikliklere neden olabilir ve organizmaya zarar verebilir, ancak bir sonraki nesle yani döllere aktarılmazlar. Sadece gametlerde meydana gelen ve onlar üzerinden bir sonraki nesle aktarılan üreme dokularındaki değişiklikler, genetik çeşitliliği artıran gerçek mutasyonları temsil eder (Bošković & Isajev, 2007).

Mutasyonlar doğal koşullarda kendiliğinden oluşabilir (spontane mutasyonlar) ya da laboratuvar koşullarında meydana getirilebilir (indüklenmiş mutasyonlar). Genetik çeşitlilik kaynağı olarak spontane mutasyonlar sınırlıdır çünkü nispeten nadiren meydana gelirler ve ortaya çıkmaları için uzun yıllar beklemek gerekir. Mutasyonun canlıda yaptığı etkiye göre, faydalı, zararlı (daha sık) veya nötr olarak değerlendirilebilir.

Fenotipik değişikliklerin boyutuna göre makro-mutasyonlar ve mikro-mutasyonlar meydana gelebilir. Makromutasyonlar fenotipte büyük, fark edilebilir değişikliklere yol açarken, mikromutasyonların küçük değişikliklerinin tespit edilmesi daha zordur ve fark edilmezler. Tüm mutasyon değişiklikleri, kaynaklandığı yere bağlı olarak çeşitli mutasyon türleri ve alt türlerine göre genom mutasyonları, kromozom yapısı mutasyonları, gen mutasyonları ve kromozom dışı mutasyonları şeklinde sınıflandırılabilir.

Poliploidi, somatik hücrelerde diploid kromozom sayısından fazla (ikiden fazla) kromozom takımı bulunması durumuna verilen isimdir. Organizmalar çoğunlukla diploit olmakla birlikte, hücre bölünmesinin olması gerektiği gibi gerçekleşmemesi sonucu, poliploit hücre ve organizmalar ortaya çıkabilir ve sıklıkla indirgenmemiş gametleri ve türler arası

hibridizasyonu içerir (Leitch & Leitch, 2008). Bitkilerde poliploid canlıların meydana gelmesi, değişen kromozom sayılarına (anöplöidi ve poliploidi), genom boyutuna, (retro) transposable element hareketliliğine, eklemelere, silmelere ve plastik genom yapılarına bağlanabilir. Genellikle bir veya birkaç nesil içinde poliplidi sonucunda genom içerisinde meydana gelen büyük ölçekli değişikliklere dayanma yeteneği, transkriptom, metabolom ve proteomun yeniden yapılandırılması ile ilişkilidir ve bitkide değişmiş bir fenotip ile sonuçlanabilir. Böylece, poliploid kaynaklı değişiklikler, yeni özelliklere sahip ata türlere üstünlük sağlayabilen bireyler oluşturabilir. Bu süreç, bitkilerde oluşan biyoçeşitlilik anlamında farklılaşmamın arkasındaki önemli bir güç olarak karşımıza çıkmaktadır. (Leitch & Leitch, 2008).

Transpozon elementler (TE'ler), bitki ve hayvan genomunun büyük bir bölümünü oluşturabilen hareketli genetik elementlerdir ve bitkilerde genetik biyoçeşitliliğin oluşmasında önemli katkıları bulunmaktadır. TE'ler genom içerisindeki hareketleri sonucu gen ifadesini değiştirerek genomu etkileyebilirler. Bazı TE'ler genom içerisinde hareket ederek yeni farklı bir konuma yerleşebilir ve komşu genlerin işlevini bozabilir veya eski haline getirebilir ya da yeni düzenleyici unsurlar oluşturabilir. Bazı TE'ler ise oldukça kararlı bir özellik göstererek uzun süreler boyunca genomda aynı konumda kalabilirler (Kumar & Bennetzen, 1999). TE'ler genom içerisinde hareket mekanizmalarına göre iki sınıf altında değerlendirilmektedir. Bunlar, sınıf I TE'ler ve sınıf II TE'lerdir. Retrotranspozonlar olarak da bilinen sınıf I TE'ler RNA'yı ara molekül olarak kullanarak kendisini yeniden DNA olarak yeniler. Yeni DNA kopyası kendisini genom içerisinde farklı bir bölgeye entegre edebilir. İkinci sınıf TE'ler DNA transpozonları olarak da bilinirler ve bir DNA fragmentinin orijinal konumundan taşındığı ve farklı bir bölgeye yerleştirildiği "kes ve yapıştır" adı verilen bir işlemle genom boyunca hareket edebilir (Lopes vd., 2013; Hassan vd., 2024).

Genom evrimi, kromozoma bağlı yeniden düzenlemeleri, duplikasyonları ve genetik varyasyonları içerir. Bu gibi varyasyonlarda bitkilerde biyoçeşitliliğin ortaya çıkmasında önemli bir etkidir. Transpozonlar ve bitki genomları arasındaki etkileşim, hibridizasyon ve poliploidi gibi süreçlerin yanı sıra elverişsiz ortamlara adaptasyonu da mümkün kılmıştır (Canapa vd., 2016; Hassan vd., 2024).

3. SONUÇ

Bitki biyoçeşitliliği, çok sayıda bitki türünü, bunların genetik çeşitliliğini ve içinde yaşadıkları ekosistemleri kapsamaktadır. Ekosistemin devamlılığı, insan refahı ve küresel sürdürülebilirlik için temel oluşturmaktadır.

Biyoçeşitliliğin yapı taşlarından bir tanesi genetik çeşitliliktir. Genetik çeşitlilik mutasyon, doğal seçim, genetik rekombinasyon ve gen akışı gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanır. Bu süreçler, popülasyonlar içinde genetik varyasyonların birikmesine ve farklı bitki türleri arasında farklı özelliklerin ortaya çıkmasına neden olur.

Bitkilerdeki genetik çeşitlilik, çevresel değişikliklere adaptasyonda, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılıkta ve yeni özelliklerin kazandırılmasında çok önemli bir rol oynar. Bitki ıslah programları, ürün geliştirme çabaları ve dayanıklı tarım sistemlerinin geliştirilmesi için temel teşkil eder.

Sonuç olarak, bitki biyoçeşitliliğini ve genetik kaynakları koruyarak ekosistemlerin dayanıklılığını sağlayabilir, gıda güvenliğini destekleyebilir, sürdürülebilir tarımı teşvik edebilir ve çevresel değişikliklerin bitki popülasyonları ve insan toplumları üzerindeki etkilerini azaltabiliriz.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Caliskan, M. (2012). Genetic diversity in microorganisms. InTech, Rijeka. <https://doi.org/10.5772/2641>. ISBN: 978-953-51-0064-5
- Ennos, R.A. Worrell, R., Arkle, P. & Malcolm, D.C. (2000). Genetic diversity and conservation. In: Genetic variation and conservation of British native trees and shrubs current knowledge and policy implications. Forestry commission technical paper 31. Forestry Commission, Edinburgh
- Eriksson, G. & Ekberg, I. (2001). An introduction to forest genetics. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, pp 1–166
- Freeman, W.H. (2000). Sources of variation. In: Griffiths AJF, Miller JH, Suzuki DT, Lewontin RC, Gelbart WM (eds) An introduction to genetic analysis, 7th edn. W.H. Freeman, New York. ISBN: 10: 0- 7167-3520-2. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK22012/>
- Hassan, A.H., Mokhtar, M.M. & El Allali, A. (2024). Transposable elements: multifunctional players in the plant genome. *Front. Plant Sci.* 14:1330127. doi: 10.3389/fpls.2023.1330127
- Kumar, A. & Bennetzen, J.L. (1999). Plant retrotransposons. *Annual Reviews* 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303- 0139, USA.
- Leitch, A.R. & Leitch, I.J. (2008). Genomic plasticity and the diversity of polyploid plants. *Science*, 320(5875), 481-483.
- Lopes, F.R., Jjingo, D., Silva, C.R.D., Andrade, A.C., Marraccini, P., Teixeira, J.B., et al. (2013). Transcriptional activity, chromosomal distribution and expression effects of transposable elements in coffee genomes. *PloS One* 8, 1–16. doi: 10.1371/journal.pone.0078931
- Morić, M. (2016). Genetic diversity of pedunculated oak (*Quercus robur* L.) in field trials whit progeny from selected seeds stands. Doctoral thesis, University of Zagreb – Faculty of Forestry, pp 14–19
- Nonić, M. & Šijačić-Nikolić, M. (2019). Genetic Diversity: Sources, Threats, and Conservation. In: Leal Filho, W., Azul, A., Brandli, L., Özuyar, P., Wall, T. (eds) *Life on Land. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71065-5_53-1
- Primack, R.B., Milić, D., Radenković, S., Obrecht, D., BjelićČabrilo, O. & Vujić, A. (2015). An introduction to conservation biology (Uvod u konzervacionu biologiju). Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Novi Sad, 372 pages
- Sinapidou, E. & Tokatlidis, I.S. (2011). Genetic Mechanisms Enhancing Plant Biodiversity. In: Lichtfouse, E. (eds) *Genetics, Biofuels and Local Farming Systems. Sustainable Agriculture Reviews*, vol 7. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1521-9_3
- White, T.L., Adams, W.T. & Neale, D.B. (2007). *Forest genetics*. CAB International, Wallingford, 682 pages.

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU | Atatürk Üniversitesi |
kamil[at]atauni.edu.tr | ORCID: 0000-0002-4014-491X**

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nden 1990 yılında mezun oldu. 1995 yılında Amerika Birleşik Devletleri Nebraska Üniversitesi Bitki Islahı Bölümün'den, yüksek lisansını ve 2000 yılında Doktora derecelerini aldı. 2000 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde öğretim üyesi olarak göreve başladı. 2009 yılında İngiltere Rothamstad Biyoteknoloji Araştırma Merkezinde doktora sonrası araştırmalarda bulundu. 2011 Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nde Profesörlük kadrosuna atandı. Bitki genetik mühendisliği, bitki doku kültürü uygulamaları ve bitki ıslahı alanlarında uluslararası düzeyde uzmanlığı olan Haliloğlu'nun, ağırlıklı olarak uluslararası olmak üzere 160'dan fazla bilimsel yayını, 2 kitap bölümü ve çok sayıda araştırma/uygulama projesi raporu bulunmaktadır.

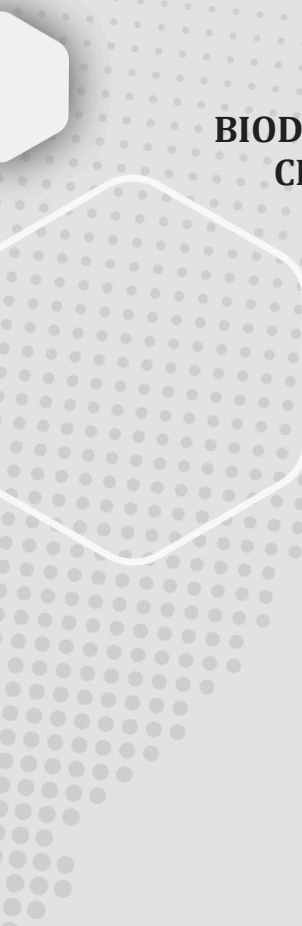
**Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU | Atatürk University |
kamil[at]atauni.edu.tr | ORCID: 0000-0002-4014-491X**

He graduated from Ankara University, Faculty of Agriculture in 1990. In 1995, he received his master's degree from the Department of Plant Breeding at the University of Nebraska, United States of America and received his PhD degree in 2000. In 2000, he started to work as a faculty member at Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops. In 2009, he conducted postdoctoral research at Rothamstad Biotechnology Research Centre in England. In 2011, he was appointed as a Professor at Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops. Haliloğlu, who has international expertise in the fields of plant genetic engineering, plant tissue culture applications and plant breeding, has more than 160 scientific publications, mainly international, 2 book chapters and many research / application project reports.

**TARIMSAL ÜRÜNLERDE BİYOÇEŞİTLİLİĞİ KORUMA
STRATEJİLERİ: UZUN SÜRELİ DEPOLAMA İÇİN
BİYOTEKNOLOJİDEN YARARLANMA**

**BIODIVERSITY CONSERVATION STRATEGIES IN AGRICULTURAL
CROPS: HARNESSING BIOTECHNOLOGY FOR LONG-TERM
STORAGE**

**Ekrem GÜREL
Dipul Kumar BISWAS
Sarah JORJANI
Nour ALAWAD
Ömer Can ÜNÜVAR
Mehmet ÖRGEÇ
Songül GÜREL**



TARIMSAL ÜRÜNLERDE BİYOÇEŞİTLİLİĞİ KORUMA STRATEJİLERİ: UZUN SÜRELİ DEPOLAMA İÇİN BİYOTEKNOLOJİDEN YARARLANMA

***Ekrem GÜREL, Dipul Kumar BISWAS, Sarah JORJANI, Nour ALAWAD,
Ömer Can ÜNÜVAR, Mehmet ÖRGEÇ, Songül GÜREL***

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Özet

Bitki genetik kaynakları tüm gen varyasyonları dahil olmak üzere tarım amaçlı kullanılan bitki türleri ve ilgili türlerin yabani akrabalarının genetik materyalinin tamamını kapsamaktadır. Bu kaynaklar tarım ürünlerinin direnç ve toparlanma kapasitesinin ve kalitesinin artırılmasında hayati önem arz etmektedir. Artan nüfus ve küresel iklim değişikliği ilgili genetik kaynaklara olan talebin de artmasına neden olacaktır. Bazı değerli genetik kaynaklar çevresel etkiler ve genetik erozyon sebebiyle halihazırda yok olmuştur. Genetik çeşitliliğin korunması sürdürülebilir gıda güvenliği ve dolayısıyla ekosistem için zorunludur. Etkili koruma sağlayabilmek amacıyla hem in-situ hem de ex-situ yöntemlerin tamamlayıcı yaklaşımlar ile birleştirilmesi önerilmektedir ve bu genetik kaynaklar biyoçeşitliliği sürdürmek amacıyla biyoteknolojik yaklaşımlar kullanarak yerel çeşitler, doğal türler ve modern türler ile çeşitlendirilmelidir. Ayrıca dondurarak muhafaza (cryopreservation), yeni nesil dizileme teknolojileri, moleküler markörler, genetik depolama ve in vitro kültür gibi biyoteknolojik yöntemlerdeki ilerlemeler nadir ve nesli tükenmekte olan türlerin karakterize edilmesi ve korunmasına yardımcı olmaktadır. Bu çalışma bitki genetik kaynaklarının çeşitliliğinin korunması ve sürdürülebilir küresel gıda güvenliğinin sağlanması için son zamanlarda atılan adımların altını çizmek amacıyla kaleme alınmıştır.

Anahtar Kelimeler

Biyοçeşitlilik, Genetik kaynaklar, Sürdürülebilir tarım, Gıda güvenliği

BIODIVERSITY CONSERVATION STRATEGIES IN AGRICULTURAL CROPS: HARNESSING BIOTECHNOLOGY FOR LONG-TERM STORAGE

***Ekrem GÜREL, Dipul Kumar BISWAS, Sarah JORJANI, Nour ALAWAD,
Ömer Can ÜNÜVAR, Mehmet ÖRGEÇ, Songül GÜREL***
Bolu Abant İzzet Baysal University

Abstract

Plant genetic resources (PGRs) encompass the entire genetic material found in crop species and their wild relatives, including all gene variations. These resources are of vital importance in increasing the resistance and resilience capacity and quality of agricultural products. Increasing population and global climate change will lead to an increase in the demand for these genetic resources. Some valuable genetic resources have already been lost due to environmental impacts and genetic erosion. Preserving genetic diversity is essential for sustainable food security; therefore, the ecosystem. To achieve effective conservation, it is advisable to combine both in-situ and ex-situ conservation methods as complementary approaches, and these genetic resources should be diversified with local varieties, natural species and modern species using biotechnological approaches in order to maintain biodiversity. Additionally, progress in biotechnological methods such as cryopreservation, next-generation sequencing technologies, molecular markers, genetic storage and in vitro culture helps characterize and preserve rare and endangered species. This study was written to underline the steps taken recently to protect the diversity of plant genetic resources to ensure sustainable global food security.

Keywords

Biodiversity, Genetic resources, Sustainable agriculture, Food security

1. GİRİŞ

Bitki biyoçeşitliliğinin korunması sürdürülebilir tarım faaliyetlerinin devamı için önümüzde duran en önemli hususlardan biridir. İnsan kaynaklı faaliyetler (toprağın yanlış kullanımı, kontrolsüz gübre kullanımı, iklim değişikliğini hızlandırıcı etkiler), yerli olmayan türlerin yayılımı ve süregelen yabancı ot sorunları bitki çeşitliliği üzerinde ciddi etkilere sebep olmaktadır. Bu etkiler nesli tükenme tehlikesinde olan türlerin günbegün artan sayısında da gözlemlenmektedir. Daha birçok etkiyle karşı karşıya kalan ve zengin doğal kaynak deposu olmasının yanında ekosistem açısından hayati önem taşıyan bitki biyoçeşitliliğinin korunması elzemdir.

Bir türün veya popülasyonun üyeleri arasında var olan genetik düzeydeki farklılıkların tümüne genetik çeşitlilik denmektedir ve bu çeşitlilik kalıtım sürecinde genetik materyallerinin değişime uğraması, mutasyonlar, göç yoluyla gen akışı ve zaman içinde gerçekleşen rastgele genetik değişiklikler gibi faktörler ile meydana gelmektedir (Bhandari vd., 2017; Minter vd., 2022). Bu çeşitlilik DNA dizilerinde, epigenetik modellerde, protein yapılarında, fizyolojik özelliklerde ve fiziksel özelliklerde farklılıklar olarak kendini gösterir. Bitki ve hayvan ekosistemlerinin genetik bileşimi üreme sürecine katılan bireylerin taşıdığı genetik materyalle şekillenmektedir. Genetik çeşitlilik popülasyonların seçimini ve evrimini yönlendirmede çok önemli bir rol oynar. Mahsul türleri söz konusu olduğunda bu seçim doğal olarak gerçekleşebilir ve/veya popülasyon içindeki mevcut varyasyona bağlı olarak insan müdahalesinden etkilenebilir (Govindaraj, Vetriventhan, & Srinivasan, 2015; Hasan & Abdullah, 2015). Bilindiği üzere genetik çeşitlilik biyotik (zararlı böcekler, mikroorganizmalar vb.) ve abiyotik (kuraklık, sıcaklık, pH vb.) stres kaynaklarına karşı bitkilerin direnç (resistance) ve toparlanma kapasitelerini (resilience) güçlendiren bir genetik materyal mühimmatı oluşturduğu için büyük öneme sahiptir. Çeşitli çevresel değişim zamanlarında ürün çeşitliliğinin korunmasına olanak sağlar ve türlerin yok oluşunu engeller. Genetik çeşitlilik ekosistem hizmetlerine sunduğu katkıların yanında çiftçi için de büyük önem arz etmektedir. Çeşitli streslere dayanıklı türlerin varlığı ve melez türlerin doğal ve/veya yapay oluşumu tarımsal sürdürülebilirliği arttırmaktadır (Joshi vd., 2023; Romesh Kumar Salgotra & Chauhan, 2023a).

Bitki biyoçeşitliliğinin korunması in-situ (doğal ortamında) veya ex-situ (doğal ortamının dışında; tohum bankaları, saha gen koleksiyonları, botanik bahçeleri vb.) yaklaşımlarla gerçekleştirilmektedir. İki koruma yöntemi de birbirini tamamlayan nitelikte olup koruma için farklı seçenekler sunmaktadır (Cruz-Cruz, González-Arno, & Engelmann, 2013; Mounce, Smith, & Brockington, 2017). Uygun stratejinin seçimi türün özelliklerine ve seçilen tekniklerin uygulanabilirliğini de içeren çeşitli faktörlere bağlıdır. Bazı durumlarda

ex-situ koruma belirli türlerin yok olmasını önlemek amacıyla uygulanabilecek geçerli tek stratejidir. Örneğin botanik bahçeleri bitki çeşitliliğinin korunması ve kapsamlı çalışmalara zemin hazırlamasından dolayı ex-situ çalışmalarda önemli rol oynamaktadırlar (Dulloo, Hunter, & Borelli, 2010; Rajpurohit & Jhang, 2015; Mondal, 2016). Özellikle bitki biyoteknolojisindeki in-vitro yetiştirme ve moleküler biyoloji alanındaki gelişmeler bitki çeşitliliğinin korunması ve kontrolünün arttırılması için önemli araçlar sunmuşlardır. Bu yöntemler kısa, orta ve kalıcı koruma çabaları da dahil olmak üzere dirençli bitkilerin ve genetik değişkenliğin korunmasına olanak tanımaktadırlar (Radhika, 2018; Kulak vd., 2022; Romesh Kumar Salgotra & Chauhan, 2023a).

Bu çalışma artan dünya nüfusu ve küresel iklim değişikliğinin getirdiği sorunlar göz önünde bulundurularak bitki genetik kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımına ilişkin kritik küresel kaygıya kısa ve öz bir bakış sunmaktadır.

2. BİTKİ GENETİK KAYNAKLARININ ÇEKİRDEK (GERMPLAZM) KOLEKSİYONU

Bitki türlerinin genetik çeşitliliği biyoteknoloji, orman, tarım ve bahçecilik gibi ekolojik ve küresel ekonomi üzerinde hayati bir etkiye sahiptir. İklim değişikliği, çevresel stres, bozulmuş topraklar ve azalan biyolojik çeşitlilik sorunları küresel düzeyde önem arz eden zorluklar olarak ortaya çıkmıştır (Karamatlou vd., 2023; Zhu vd., 2022). Bu nedenle tarımsal sistemlerin sürdürülebilirliğini korumak küresel gıda güvenliği açısından kritik bir rol oynamaktadır. Genetik çeşitliliği kullanarak değişen çevre koşullarından kaynaklanan biyotik ve abiyotik stres kaynaklarına karşı direnç elde etmek önemlidir (Salgotra & Chauhan, 2023). Ayrıca Leipzig Bildirisi'nde (Virchow, 2003) genetik savunmasızlığı ve zorlu koşullarda gıda sıkıntılarını önlemek amacıyla tohum ve bitkilerin korunması önerilmiştir. Mahsullerin yabani akrabaları, nadir mahsul türleri ve bitki genetik kaynaklarının yerel çeşitlerinin arzu edilen tarımsal özelliklerin önemli kaynakları olduğu gösterilmiştir. Bitki genetik kaynaklarının korunması ve omik(s) verilerine erişimin sağlanması, gelişmiş moleküler ıslah teknikleri yoluyla ürün çeşitlerinin geliştirilmesi için çok önemlidir (Renzi vd., 2022; Romesh Kumar Salgotra & Chauhan, 2023b). Yeni bitki çeşitlerinin geliştirilmesinde genetik kaynakları korumanın ve kullanmanın avantajı küçümsenemez. Çünkü bazı türlerin genetik çeşitliliği azalmış ve/veya türler yok olma eğiliminde olduğu için son zamanlarda birçok ülke genetik kaynakların önemini anlamaya başlamış ve bu durum birçok genetik kaynak bankasının kurulmasına yol açmıştır (Deng vd., 2015). Genel olarak belirli yöntemler kullanılarak seçilen tüm germ plazma kaynağının bir alt kümesi olan bir çekirdek koleksiyon tüm kaynağın genetik çeşitliliğini mümkün olan en az sayıda örnekle temsil etmeyi amaçlar (Marshall & Brown, 1975). Bir çekirdek koleksiyonun oluşturulması veri güvenilirliğini, moleküler işaretleyici fenotip ilişkileri çalışmalarını, genotip basitleştirmesini, germ plazma kullanımında artan yeterliliği ve ayrıca gelişmiş yetiştirme süreçlerini artırmıştır (Mahmoodi vd., 2019). Çekirdek koleksiyonların inovasyon süreçleri

seçim yöntemleri, çekirdek boyutunun belirlenmesi ve analitik yöntemleri kapsayan farklı bakış açıları ile kapsamlı araştırmalara konu olmuştur. Çekirdek koleksiyon fikri yirmi yılı aşkın bir süre önce Frankel tarafından ortaya atıldığından bu yana çekirdek koleksiyonların hem teorik hem de pratik yönlerini kapsayan ciddi miktarda araştırma yapılmıştır. Bitki genetik kaynaklarının kullanımını artırmak için çekirdek koleksiyonlarının oluşturulması gıda ve tarım alanında koruma ve kullanma konusundaki küresel stratejiye göre önemli aşamalardan biri olarak önerilmiştir. (FAO, 1996). Bir çekirdek koleksiyon oluşturma süreci tipik olarak dört temel adımı içermektedir.

1. Verilerin toplanması ve düzenlenmesi,
2. Girdilerin sınıflandırılması,
3. Örneklem stratejilerinin oluşturulması,
4. Çekirdek setin incelenmesi ve değerlendirilmesi (Odong vd., 2013).

Fenotipik özellikler ve moleküler markörler çekirdek koleksiyon oluşturmak için kullanılan verilerin çoğunluğunu oluşturur. Tarımsal ve morfolojik özellikler de fenotipik niteliklere dahil edilir (Liu vd., 2020). Genetik çeşitliliği araştırmak için germplazm taraması alanında moleküler markörler daha sık kullanılmaktadır (Rao, 2004).

3. GENETİK ÇEŞİTLİLİĞİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Genetik çeşitlilik birçok faktörün etkisi ile değişikliğe uğramaktadır. Popülasyonun büyüklüğü, genetik göç, seçilim, gen akışı ve mutasyon çeşitliliği etkileyen ana faktörlerdir. Hem doğal hem de yapay seçilimin zaman içinde üstün genotiplerin desteklenmesi üzerinde önemli bir etkisi vardır ve bu da popülasyondaki gen ve genotipik frekanslarda gözlemlenebilir değişikliklere neden olur. Evrim süreci boyunca bitki türlerinin morfolojisi, fizyolojisi ve biyokimyasal özelliklerinde bir dizi değişiklik yaşanmaktadır. Bu değişimler bitkiler evcilleştirilmeye tabi tutulduğunda farklı yollar izleyebilmektedir (Kantar vd., 2017; Smýkal vd., 2018; Romesh Kumar Salgotra & Chauhan, 2023a). Çok sayıda bitki çeşidi hastalıklara ve zararlılara karşı savunmasız hale gelme tehlikesiyle karşı karşıya kalabilmektedir ve yabani bitki türlerinden genetik materyalin kullanılması dayanıklılığı artırmaya yönelik olası bir yaklaşım olarak ele alınabilir. (Romesh Kumar Salgotra, Thompson, & Chauhan, 2021). Yetiştiriciler evcilleştirme sürecinde tercihlerine göre arzu edilen özellikleri seçmişlerdir (Ross-Ibarra, Morrell, & Gaut, 2007). Ancak yetiştiriciler genellikle maksimum verim, biyotik ve abiyotik stres direnci, geniş adaptasyon yeteneği, azaltılmış tohum kaybı, daha büyük tohum boyutu, erken olgunlaşma ve arzu edilen kalite özellikleri gibi özelliklere sahip ürün çeşitlerine öncelik vermektedirler (Romesh Kumar Salgotra & Chauhan, 2023a). Genetik çeşitliliği etkileyen temel faktörler sonraki bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

3.1. Popülasyon büyüklüğü

Sabit popülasyonların darboğazdaki popülasyonlardan daha yüksek çeşitliliğe sahip olması nedeniyle tür çeşitliliğindeki farklılıkları açıklamada popülasyon büyüklüğünün önemli bir rol oynadığı sıklıkla kabul edilmektedir. Nötr bir modelde genetik çeşitlilik yeterli popülasyon büyüklüğüne ve mutasyon oranına bağlıdır (Hague & Routman, 2016; James, 2022). Hague ve Routman'a (2016) göre popülasyon büyüklüğü genetik çeşitliliği etkiler; yüksek yoğunluklu türlerin çeşitliliği daha yüksek olma eğilimi gösterir. Tam zıttı düşünüldüğünde, eğer popülasyon büyüklüğü önemli bir faktör olarak kabul edilmez ise çeşitlilik popülasyon büyüklüğünden bağımsız olarak değişecektir. Bulgular genetik çeşitliliği popülasyon büyüklüğüne bağlayan nötr modellerle uyumlu olup özellikle genetik göçe duyarlı küçük popülasyonlarda çeşitliliğin korunmasındaki önemini vurgulamaktadır (Amos & Harwood, 1998; Hague & Routman, 2016).

3.2. Mutasyonlar

Mutasyonlar DNA'da meydana gelen değişimler ile ortaya çıkan kalıtsal süreçlerdir. Tarımsal ürünlerin özelliklerini etkileyen genetik çeşitliliğin kökeni olarak anılabilirler. Mutasyonlardan kaynaklanan genetik çeşitlilik ilgili bitkinin özelliklerinin çeşitli yönlerini olumlu, olumsuz veya nötr olarak etkileyebilir. DNA mutasyonları, seçim ve genetik göç ile birlikte çalışarak popülasyonlar içindeki alel frekanslarındaki değişiklikler için en önemli katalizörden biridir. Tarımın başlangıcından bu yana mutasyonlar gıda güvenliğinin sağlanmasında hayati önem taşıyan genetik varyasyonların oluşmasında önemli bir rol oynamıştır (Mir vd., 2020). Mutasyon oranları çevresel koşullardaki değişimlere ve/veya belirli bir coğrafi bölgedeki insan popülasyonlarının sosyo-ekonomik dinamikleriyle örtüşen demografik kalıplardaki değişikliklere doğrudan tepki olarak hızlandırılmış ilerleme sergiler (Anderson, Willis, & Mitchell-Olds, 2011). Stresle tetiklenen mutajenez bitkilerde adaptif evrim sürecini hızlandıran çeşitli dış uyaranların uygulanmasının bir sonucu olarak karakterize edilmiştir. Mutajenez bitki stresinin kontrol edilebilmesi için yaygın bir araçtır ve mutasyonları tetiklemek için fiziksel (gama radyasyonu) ve kimyasal (EMS) mutajenez gibi teknikler kullanılmaktadır (Bhoi vd., 2022). Stres kaynaklı mutajenez bitkiler çeşitli çevresel streslerle karşılaştıkları durumlarda ortaya çıkmaktadır ve olası genetik çeşitliliklere zemin hazırlar. Bu değişiklikler genetik materyalde olan eklemeler, çıkarmalar, kopya sayılarındaki değişimler, büyük kromozomal düzenlemeler gibi çeşitli yollarla gerçekleşebilmektedir (Lukačšínová, Novak, & Paixão, 2017; Maharjan & Ferenci, 2017). Bitki yetiştiricileri önceleri yeni mahsul çeşitleri geliştirmek amacıyla genetik çeşitliliğin birincil kaynağı olarak spontan mutasyonlara güveniyorlardı. Modern teknolojiler ise bu süreci hızlandırmak amacıyla kasıtlı mutajenez yöntemini geliştirmiştir. Mutasyonlar mahsul türlerindeki genetik çeşitliliği kasıtlı olarak manipüle ederek biyotik ve abiyotik strese karşı direnç ve toparlanma kapasitesini arttırmanın yanında çeşitli tarım ürünlerinin besin değeri gibi özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılan bir yaklaşım halini almıştır (Shu vd., 2012; Salgotra & Chauhan, 2023).

3.3. Seçilim

Seçilim belirli özellikleri diğerlerine tercih ederek genetik çeşitliliği etkileyebilen ve bir popülasyondaki alel frekanslarında değişikliklere yol açabilen bir süreçtir. Doğal ve yapay seçim mekanizmaları bitki türlerinin gözlemlenebilir fenotipik özelliklerini etkilemektedir. Bu fenotipik özelliklerin ortaya çıkışı hem kalıtsal hem de kalıtsal olmayan faktörlerden etkilenir; ayrıca genotip ile çevre arasındaki etkileşim önemli bir rol oynamaktadır (Pham & McConnaughay, 2014). Bitki popülasyonunda genetik çeşitliliğin varlığı geliştirilmiş genotiplerin seçimi için esastır. Doğal olmayan seçim popülasyonda önemli bir genetik çeşitlilik rezervuarı mevcut olduğunda en başarılı yöntemlerden biridir (Salgotra & Chauhan, 2023; Salgotra & Stewart, 2020). Bir genotipin kalitesinin arttırılması popülasyondaki mevcut genetik çeşitliliğin boyutuna ve çeşitli bileşenler arasındaki ilişkilere bağlıdır. Örneğin, verim özellikleri ile diğer bitki özellikleri arasındaki korelasyonun derecesi birden fazla özelliğin aynı anda seçilmesine olanak sağlar. Bitki yetiştiricileri ürün çeşitlerinin genetik verim potansiyelini optimize etmek için popülasyon içindeki genetik çeşitlilik yelpazesinden yararlanarak seçim süreçlerini geliştirebilirler (Swarup vd., 2021). Bu yaklaşım aynı zamanda hibridizasyon uygulamaları için üstün anaç seçimini de kolaylaştırır. Sonuç olarak, bir popülasyondaki genotip seçiminin etkinliği mevcut genetik çeşitliliğin düzeyi ile yakın ilişki içindedir (Salgotra & Chauhan, 2023). Genetik çeşitlilik gelişmiş agronomik özelliklere sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesi için çok önemlidir ve genetik çeşitliliği etkileyen faktörlerin anlaşılması bitki genetik kaynaklarının korunması ve kullanılması için esastır.

3.4. Göç

“Göç” genetik materyalin özellikle alellerin farklı türler arasında veya bir tür içindeki çeşitli popülasyonlar arasında transferini ifade eder. Bu genetik değişim polenin hareketi, tohumların yayılması ve rizomlar gibi etkenler ile ve çeşitli bitkisel çoğalma biçimlerinin kullanılması gibi mekanizmalar yoluyla gerçekleşmektedir. Göçün meydana gelme hızı üreme döngüleri ve hem tohumların hem de polenin yayılma düzenleri gibi faktörlerden etkilenmektedir. Ayrıca göç germ plazmanın bir coğrafi bölgeden diğerine kasıtlı olarak aktarılması olarak da gerçekleşebilir ve polen ve tohum değişimi yoluyla iki veya daha fazla alelin harmanlanmasına yol açabilir. Göçü etkileyen faktörlerin anlaşılması bitki genetik çeşitliliğinin korunması ve kullanılması açısından önemlidir.

3.5. Gen akışı

“Gen akışı” terimi polenlerin, tohumların, transgenlere sahip canlı bitkilerin veya değiştirilmiş DNA dizilerinin hareketi sonucu bir grup bitki geninde meydana gelen değişiklikleri ifade eder. Alternatif olarak gen göçü olarak da adlandırılan gen akışı genetik materyalin bir popülasyondan diğerine hareketi olarak da açıklanabilir. Genetik materyalin

değişimi aynı türün iki popülasyonu arasında nesilden nesile aktarılan genlerin mirası yoluyla mümkün olan bir süreç olan göç mekanizması yoluyla gerçekleşebilir (Choudhuri, 2014). Bir popülasyonda meydana gelen gen akışı genetik çeşitliliği artırma potansiyeline sahiptir. Tersine düşünülüğünde, genetik olarak farklı popülasyonlar arasında gen akışı gerçekleştiğinde bu popülasyonlar arasındaki genetik farklılıkları azaltma eğilimi gösterir. Gen akışının kapsamı popülasyonların fiziksel yakınlığından etkilenebilir; fiziksel engeller, gen akışını kısıtlayan bir rol oynar. Ek olarak, bu popülasyonlardaki bireyler arasındaki üreme davranışlarındaki uyumsuzluklar da bir bariyer görevi görerek gen alışverişini engelleyebilir (Choudhuri, 2014).

3.6. Genetik kayma

“Genetik kayma” bir popülasyondaki genlerin ve alellerin frekanslarının rastgele örnekleme hataları nedeniyle nesiller boyunca değiştiği bir süreçtir. Alel frekanslarındaki bu tesadüfi değişiklikler sonuçta birbirini izleyen nesiller boyunca genetik çeşitlilikte kaymalara yol açar. Üreme sırasında her polen tanesi kendine özgü bir alel çeşitliliği taşır ve böcekler, rüzgâr, insanlar veya diğer çeşitli ajanlar tarafından uyumlu çiçeklerle potansiyel olarak melezleşmek üzere taşınabilir. Bu melezleşme süreci büyük oranda tesadüfen belirlenmektedir. Sonuç olarak her üreme döngüsünde bu stokastik olayların bir sonucu olarak mahsul türleri içindeki genetik çeşitlilik azalır (Salgotra & Chauhan, 2023). Genetik sürüklenmeye yinelenen küçük popülasyon boyutları, “darboğazlar” adı verilen popülasyon boyutunda ciddi azalmalar ve az sayıda bireyden yeni bir popülasyonun başladığı kurucu olaylar neden olmaktadır.

4. BİTKİ KORUMA TEKNİKLERİ; DEPOLAMA

Paha biçilemez bitki genetik kaynaklarının kaybını durdurmak için uygun politikaların uygulamaya konulması büyük önem taşımaktadır. In-situ, ex-situ koruma ve biyoteknolojik yaklaşımlar biyolojik çeşitliliği korumak için kullanılabilecek tekniklerden yalnızca birkaçıdır. Bu bölüm altında in-situ ve ex-situ korumadan kısa bir şekilde bahsedilecektir.

4.1. In-situ koruma

In-situ koruma genetik kaynakların kendi doğal ekosistemleri içerisinde muhafaza edilmesi olarak tanımlanır. Bu strateji türlerin doğal ortamlarında varlıklarını sürdürmelerini sağlayarak genetik çeşitliliklerinin ve ekolojik önemlerinin korunmasına yardımcı olmaktadır (Pandotra & Gupta, 2015). Bitki türlerinin doğal evrimi yerinde korumada minimum insan etkisi ile gerçekleşmektedir ve öncelikle ormanlarda yabani bitkilerden yararlanır. Bu yöntem hayvanlardaki genetik çeşitliliği desteklemektedir (Hammer & Teklu, 2008; Ogbu, Osawaru, & Ahana, 2014). Genetik rezerv koruma çerçevesinde genetik çeşitliliğin aktif ve sürekli olarak korunması için belirli bir bölge belirlenmekte olup ve bu

durum orman rezervleri gibi bölgelerde de sıklıkla uygulanmaktadır. Öte yandan, çiftlikte koruma ile yerel çeşitler sürdürülebilir bir şekilde yetiştirilebilmektedir. Dahası, üreticiler bilinçli olarak yabani akrabaları ve daha az yetiştirilen çeşitleri mevcut tarım sistemleri içinde korumaktadırlar. Çiftçiler ekim için uygun türleri seçmekte ve bu da devam eden bir evrim süreciyle sonuçlanmaktadır. Yerinde koruma tekniği farklı genotiplerin doğal çapraz tozlaşmasına izin vermektedir ve bu da yüksek sayıda alel içeren popülasyonların gözlemlenmesiyle sonuçlanmaktadır (Ogwu vd., 2014; Ramya vd., 2014).

İklim değişikliğinin etkileri sonucunda tarımsal ve yabani çeşitliliğin korunması giderek daha önemli hale gelmiştir ve bu etkileri azaltmak için çeşitli çalışmalar devam etmektedir. 1992 yılında Rio de Janeiro’da Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi’nin imzalanmasından bu yana dünya çapında hayati bir sorun olarak biyolojik çeşitliliğin korunmasının önemi büyük ölçüde artmıştır (Salgotra, Sharma, & Pandotra, 2019). In-situ koruma yönteminin maliyet, alan kısıtlamaları, bakım gereklilikleri ve yangın, sel gibi doğal afetlere açık olması sebebiyle bazı dezavantajları vardır. Bu sebeple ex-situ koruma çeşitliliğin korunmasına yönelik uygulanan diğer bir stratejidir (Ramya vd., 2014). Biyoçeşitliliği değişen iklim şartları ve değişen tarım yöntemlerinin oluşturduğu risklerden korumak için hem in-situ hem de ex-situ koruma yaklaşımlarının çağı yakalaması gerekecektir.

4.2. Ex-situ koruma

Bitki genetik kaynaklarının ex-situ korunması çoğunlukla yerel çeşitlerin daha verimli çeşitlerle değiştirilmesinden kaynaklanan tarımsal biyoçeşitliliğin hızlı kaybına yanıt olarak yirminci yüzyılın ortalarında başlamıştır (Wouw vd., 2010). Ex-situ koruma yaklaşımları saha gen bankalarının güncel tutulması, tohum bankalarının korunması ve botanik bahçelerinde bitki yetiştirilmesi gibi zaman içinde test edilmiş prosedürleri içermektedir. Bununla birlikte in vitro depolama ve dondurarak muhafaza gibi biyoteknolojik teknikler, organlar ve tohumlar gibi biyolojik unsurların geleneksel yollarla muhafaza edilmesinin pratik olmadığı durumlarda bu tür bitki kaynaklarının muhafaza edilmesi için alternatif yaklaşımlar sunmaktadır (Ramya vd., 2014).

Tohum muhafazasında iki yaklaşım vardır: temel (baz) toplama ve aktif toplama. Uzun süreli depolama için tohum örneklerinin elde edilmesi ve saklanması işlemi baz toplama olarak bilinir. Tohumlar zaman içinde yaşayabilirliği en üst düzeye çıkarmak için -18 ila -20 °C arasındaki sıcaklıklarda depolanır (Díez vd., 2018). Temel toplama yönteminde depolanacak tohumların nem içeriğinin bitki türüne göre değişen bir aralık olan %3 ile %7 arasında olması gerekir. Bunun tersine tohum numuneleri aktif toplama prosedüründe hemen kullanılmak üzere ayrılır. Bu depolanan tohumların daha uzun bir süre (çoğunlukla 10 ila 20 yıl) saklanması amaçlanır ve minimum %65 canlılığa sahip olmalıdır. Bu aktif toplama yaklaşımında nem içeriği türler arasında farklılık gösterir. Ek olarak depolama süresi bu teknikleri üç temel kategoriye ayırır:

1. Tohum numunelerinin temel toplama tesislerinde -18 ila -20°C sıcaklıklarda tutulmasını içeren *uzun süreli depolama*,
2. Tohum numunelerinin 0 °C ile 10 °C arasındaki sıcaklıklarda ve %20-30 bağıl nemde 5 yıla kadar saklanmasını içeren *orta vadeli depolama* ve
3. Tohum numunelerinin 20 °C ile 22 °C arasındaki sıcaklıklarda 1 ila 18 ay süreyle saklanmasını içeren *kısa süreli depolama*. Bu tür kısa süreli depolama uygulandığında tohumlar zarar görmeden iki yıla kadar saklanabilir (Long vd., 2003).

Tohumların su içeriği ve düşük sıcaklıkta saklanması önem arz etmektedir. Vejetatif olarak çoğaltılan dayanıklı tohumların ve bitki türlerinin geleneksel tohumlarının korunması için tipik olarak kullanılan düşük sıcaklıklara pek uygun olmadığını belirtmekte fayda vardır. Bu yaklaşım orman ve ağaç türlerinin korunması için çok önemlidir. Ex-situ koruma yenilikçi genlerin ve alellerin korunarak ürün iyileştirme projelerinde uzun vadeli kullanılmasını sağlamaktadır (Díez vd., 2018).

Ex-situ koruma tekniklerinin dezavantajı olarak vahşi doğada görülen doğal varyanstan daha küçük bir coğrafi aralığa sahip olması verilebilir (L. Withers & Engelmann, 1997). Ex-situ koruma yöntemlerinin doğada bulunan genetik çeşitliliğin tamamını koruma konusunda sınırlamaları olsa da, bitki genetik kaynaklarının korunmasında hala hayati bir rol oynamaktadır. Genetik kaynakların kaybı in-situ ve ex-situ koruma tekniklerinin birleştirilmesiyle durdurulabilir. Küresel gıda güvenliğine katkıda bulunan yeni, daha iyi adapte olmuş ürün çeşitleri yaratmak ve yaygınlaştırmak için ürünlerde mevcut olan genetik çeşitliliğin kullanılması esastır.

5. TARIMI İYİLEŞTİRMİYİ İLERLETMEDE BİTKİ GENETİK KAYNAKLARI

Biyoteknolojideki ilerlemeler genetik kaynakların korunması ve kullanılmasına yönelik umutların yeşil kalmasında yardımcı olmaktadır. In-vitro yetiştirme ve dondurarak saklama gibi teknikler, özellikle tohum veya organ olarak korunması zor olan türler için genetik kaynakların toplanması ve korunması sürecini basitleştirmiştir (Rao, 2004). Hücre ve doku kültürü yöntemlerinden yararlanılarak bitki genetik kaynaklarının hızlı ve kısa sürede çoğaltılması, etkin bir şekilde korunması ve taşınması sağlanmaktadır. Son zamanlarda doku kültürü yöntemleri virüsler gibi sistemik hastalıkları ortadan kaldırmak ve güvenli germ plazma değişimini sağlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Rao, 2004; R. K. Salgotra & Chauhan, 2023). Ek olarak moleküler biyolojideki ilerlemeler (PCR ve ELISA) tohum sağlığının değerlendirilmesi ve patojene özgü tekniklerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır (Rao, 2004). Kısa ve uzun vadede bitki genetiğinin korunmasını sağlayan ve geleneksel yöntemler ile mümkün olmayan biyoteknolojik yöntemler alt bölümlerde açıklanmıştır.

5.1. In-vitro kültür

In-vitro kültür tekniklerinde kallus oluşumu tohum, yaprak, yumru, sürgün ve boğum gibi çeşitli eksplantlardan başlatılır ve bu bölgeler tüm bitkinin yenilenmesi için başlangıç noktası görevi görürler (R. K. Salgotra & Chauhan, 2023). Her biri bitki çoğaltma, koruma ve araştırmada belirli amaçlar için tasarlanmış çeşitli in-vitro bitki kültürü yöntemi vardır. *Mikro çoğaltma, Somatik Embriyogenez, Kallus Kültürü, Embriyo Kültürü, Anter Kültürü, Protoplast Kültürü, Süspansiyon Kültürü, Kök Kültürü, Organ Kültürü ve Sürgün Kültürü* en sık kullanılan yöntemlerden bazılarıdır. In- vitro teknikler kapsamında kültürlerin oluşturulması ve bitki genetik materyalinin çoğalmasının yeterli düzeye ulaşmasıyla birlikte etkin bir muhafaza yaklaşımının uygulanması gerekli hale gelmektedir. Bu yöntemde istenen germ plazma bitki dokusu kültürü koşulları altında alt kültürlemeyle birlikte 1 ila 15 yıl arasında değişen süreler boyunca bir besin ortamında tutulur. Büyüme hızı sıcaklığın düşürülmesi veya foto-periyodun kısaltılması gibi çeşitli yöntemler kullanılarak azaltılabilir. Soğuğa dayanıklı bitki türleri için sıcaklıkların 0 ila 5 °C arasında tutulması sıklıkla büyümelerini yavaşlatır; tropikal bitki türleri için ise 15-20 °C aralığı kullanılır ve ayrıca fidelerin büyümesini yavaşlatmak için oksijen seviyesi kontrol altında tutulur (L. A. Withers & Engelmann, 1997).

5.2. Dondurarak muhafaza (Cryopreservation)

Dondurarak muhafaza yöntemi bitki türlerinin uzun süreli, uygun maliyetli ve güvenli bir şekilde korunmasını sağlamaktadır. İki yeni dondurarak muhafaza tekniği DNA'nın korunmasında etkilidir. Buz kristali oluşumundan kaynaklanan hücre hasarını azaltmaya odaklanmaktadır. Yöntemlerden biri, dondurularak indüklenen dehidrasyon ve vitrifikasyon teknikleri kullanılarak su içeriğini çıkarmak için dondurulabilen bir kriyoprotektan karışımı kullanılarak hücre sel suyunun vitrifikasyonunu içerir (Sakai, Kobayashi, & Oiyama, 1990). Vitrifikasyon sırasında sıvı fazın doğrudan amorf faza dönüştürülmesiyle kristalize buz oluşumu önlenir (Fahy vd., 1984). İkincisi; numunelerin dehidre edilmiş bir aljinat jeli içinde kapsüllenmesini içermektedir (Pence, 2002). Dondurarak muhafaza bitki dokusunun sıvı nitrojen kullanılarak çok düşük sıcaklıklarda (-196 °C) korunmasını içerir. Bu yöntem inatçı tohumlarda ve vejetatif olarak çoğaltılan bitki materyalinde metabolizma ve hücre bölünmesi dahil olmak üzere hücre sel aktivitelerin durma noktasına geldiği bir yöntemdir ve dolayısıyla bitki türlerinin uzun süreli depolanmasına olanak tanır (Ramesh Kumar Salgotra & Chauhan, 2023b). Bu teknikte uzun depolama süresi sonrasında yüksek canlılık oranlarına sahip olmaları ve virüs içermeyen bitki materyalleri olmaları nedeniyle yalnızca meristem kültürleri veya sürgün apeksleri önerilmektedir (Scowcroft, 1984). Dondurarak muhafaza işleminde hızlı dondurma başlamadan önce dokulardaki tüm dondurulabilir su içeriğinin fiziksel yollarla veya ozmotik dehidrasyon yoluyla ortadan kaldırılması esastır (Kaviani, 2011).

5.3. Gen bankaları

Biyolojik araştırmalarda genomik teknolojinin giderek daha fazla benimsenmesi genetik kaynak koleksiyonlarının kullanımı konusunda bir değişime yol açmakta ve araştırmacıların DNA bankaları kurmaya olan ilgisini artırmaktadır. Çeşitli kurumlarda farklı amaçlarla tutulan herbaryum tabakaları, hücre kültürleri ve germ plazma gibi örneklerin DNA dizilimi bitki türlerinin gen fonksiyonu, evrimi, taksonomisi ve epidemiyolojisinin incelenmesine yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Ayırt edici genetik dizilerden veya DNA barkodlarından oluşan bir kütüphanenin oluşturulması yoluyla dizi verilerine erişim için tek tip bir yöntem altında çeşitli depoları birleştirmek mümkün olabilir. DNA depolama potansiyel olarak gelecekteki gıda güvenliği için paha biçilmez olabilecek yeni genleri veya alelleri barındırarak, bu kaynakların genetik çeşitliliğini korumak için en umut verici seçeneklerden biri olarak kendini göstermektedir. Bir gen bankasında bireysel genleri veya genotiplerin tamamını kapsayan genomik parçalar bir DNA kütüphanesinde veya bir DNA örnekleri koleksiyonunda korunur. Bu genetik bilgi DNA, RNA ve cDNA formlarında saklanabilir. DNA koruması özellikle genetik materyallerin korunmasının zor olduğu veya yabani popülasyonların azalması veya iklim değişikliği gibi faktörler nedeniyle tehdit altında olduğu durumlarda bitki genetik kaynaklarının korunmasına yönelik alternatif bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır. Kısa ve orta süreli depolama için DNA formundaki genetik materyal -20 °C'de 2 yıla kadar saklanabilir. Sıvı nitrojen gibi daha soğuk depolama teknikleri kullanılarak genetik materyal çok daha uzun süreli saklanabilmektedir (E. Dulloo, Nagamura, & Ryder, 2006).

Uluslararası Bitki Genetik Kaynakları Enstitüsü (International Plant Genetic Resources Institute) genetik bilginin standartlaştırılması ve bitki DNA'sının kaynağının tanımlanmasının ve daha sonraki kullanımının izlenmesi için değerli bir çerçeve sunmuştur. Sonuç olarak, DNA bankaları popülasyonlardaki genetik çeşitliliği ve göreceli değişiklikleri değerlendirmek veya fenotipik özellikler morfolojik tanımlamayı zorlaştırdığında örnekleri tanımlamak için kullanılabilecek referans dizilerinin depoları olmaya hazırdır (R. K. Salgotra & Chauhan, 2023).

5.4. Dijital depolar

DNA depoları günümüzde birçok zorlukla karşı karşıyadır. Gelecekteki uygulamalar için uygun materyaller üretmelidirler, aynı zamanda genetik kaynaklara olan kullanıcı talepleri ile bu materyalleri ex-situ koleksiyonlardan verimli bir şekilde temin etme kapasiteleri arasında denge kurmalıdırlar. Birçok gen bankası edinilen materyale göre karakterize edilen ve mevcut hedeflere dayalı olarak dağıtılan kısa vadeli koleksiyonlar ile gelecekteki retrospektif veya popülasyon tarama çalışmaları için veya gelecekte kullanılamama riski yüksek olduğu için örneklerin depolandığı uzun vadeli koleksiyonlar arasında ayrım yapar.

Bu bankalar genellikle kısa vadeli ve uzun vadeli hedefleri ele almak için numuneleri alt örneklem gibi stratejiler kullanır. Genellikle uzun vadeli hedefler operasyonel organizasyon ve depo tasarımı üzerinde odaklanmıştır. Bu süreç materyalin referansları, kullanılabilirliğinin tahmini süresi, bankanın kapasitesi (saklanan veri toplam hacmi dahil) ve şirketin saklama, işleme ve dağıtım için uygun prosedürleri sunma taahhüdü gibi yönleri içermelidir (Walters & Hanner, 2006). Dijital Dizi Bilgisi uluslararası hedefleri destekleyebilecek araştırma uygulamalarını yönlendirmede çok önemli bir rol oynar. Dijital dizi bilgisi fikri ek endişelere yol açarak kısıtlamaların artmasına ve hem genetik kaynaklara hem de dijital dizi bilgilerine erişimin kısıtlanmasına yol açmıştır. Ancak bilgilere ilişkin fayda paylaşımı düzenlemelerinin belirlenmesi, açık uluslararası düzenlemelerin ve yönetim çerçevelerinin bulunmaması nedeniyle engellenen karmaşık bir zorluktur. Bu da dijital dizi bilgilerinin kamuya açık ve ücretsiz olarak erişilebilir hale getirilmesi konusunda bir isteksizlik yaratmıştır (R. K. Salgotra & Chauhan, 2023).

6. BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİN VE GIDA GÜVENLİĞİNİN KORUNMASINDA BİTKİ KAYNAKLARININ ÖNEMİ

Gıda için yetiştirilen mahsul türlerinde bulunan gen varyantlarının tümü ve bunların yabani akrabaları bitki genetik kaynaklarına dahil edilmektedir. Dünya nüfusu artmaya devam ettikçe genetik kaynaklara olan talebin de artması beklenmektedir. Bu nedenle uzun vadeli gıda güvenliğinin garanti altına alınabilmesi için bu paha biçilemez kaynaklarda bulunan genetik çeşitliliğin korunması ve muhafaza edilmesi şarttır. Ne yazık ki çevresel değişiklikler ve genetik tükeniş nedeniyle bazı genetik kaynaklar çoktan kaybedildi. Bu temel bitki genetik kaynakları arasında yerel türler, yabani akrabalar, yabani türler, genetik stoklar, geliştirilmiş yetiştirme materyalleri ve mevcut çeşitler yer almaktadır ve bunların tümü biyolojik çeşitliliğin korunmasında kritik öneme sahiptir (Romes Kumar Salgotra & Chauhan, 2023c). Bitki genetik kaynakları özellikle yeni türler geliştirmeyi amaçlayan girişimlerde ürün çeşitlerini geliştirmek için vazgeçilmezlerdir. Ek olarak evrimsel biyoloji, sitogenetik, biyokimya, fizyoloji, filogenetik, ekolojik çalışmalar, patoloji, moleküler araştırmalar ve daha fazlasını kapsayan çeşitli bilimsel araştırmalar da önemli bir değere sahiptirler. Bitki genetik kaynakları geleneksel çeşitler, yerel çeşitler, modern yetiştirme hatları ve kültür türlerinin hem evcilleştirilmiş hem de yabani akrabaları dahil olmak üzere çok çeşitli bitki kaynaklarını kapsamaktadır (Ulukan, 2011). Gelecekteki gıda güvenliği ihtiyaçlarını karşılamak için elimizdeki eşsiz bitki genetik kaynaklarının yanı sıra germ plazma ile bağlantılı geleneksel bilgilerin sorumluluk çerçevesinde korunması ve kullanılması kritik öneme sahiptir. Özellikle in-vitro kültür teknikleri, dondurarak saklama, moleküler biyoloji ve biyoteknoloji gibi alanlardaki ilerlemeler bitki genetik kaynaklarının korunması, kullanılması ve yönetiminin iyileştirilmesi için yeni yollar açmıştır.

Biyoçeşitlilik gelişen biyoekonomi açısından kritik öneme sahiptir. 21. yüzyıl biyo-bilim ve biyo-teknolojide kaydedilen kayda değer ilerlemenin yönlendirdiği bir biyoekonomi ile karakterize edilen bir dönem olmaya hazırlanmaktadır (R. Salgotra vd., 2019). Sonuçta tarımsal biyoçeşitliliği korumanın ve teşvik etmenin temel amacı tarımsal biyo-kaynakların uzun vadede sürdürülebilir kullanımını kolaylaştırmaktır.

Hiçbir koruma tekniği kusursuz olmadığından hem in-situ hem de ex-situ koruma yöntemlerinin birbirini tamamlayıcı şekilde bir araya getirilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Bu yaklaşım bitki genetik kaynaklarının etkili bir şekilde korunmasıyla ilgili çeşitli zorlukların üstesinden gelmeye yardımcı olur. Ayrıca disiplinler arası çalışmalar biyoçeşitlilik kaybının sebeplerini netleştirmede ve kaybı minimize etme yolunda önem kazanacaktır. Bu sebeple biyolog, kimyager, biyoteknolog ve çeşitli mühendislik alanlarının birlikte çözüm aramaları hayati önem taşımaktadır.

7. ETİK HUSUSLAR VE ÇEVRESEL ETKİLER

Genetik kaynakların sürdürülebilir bir şekilde korunması ve kullanımının yanı sıra ilgili biyoteknolojilerin yönetimi teknik zorluklar ortaya çıkartabilir. Bu zorlukların önemli sosyal, politik, kültürel, hukuki ve etik sonuçları olabilir. Sürecin kötü yönetilmesi insanlığın geleceğini tehlikeye atabilir. Tarımsal örneklemin toplanması, incelenmesi ve uygulanmasına ilişkin etik hususlar büyük önem taşımaktadır. Adil ve hesap verilebilir uygulamaların sağlanması gerekmektedir. Bitki kaynaklarının korunmasının merkezinde adil erişim, yerel girdilerin tanınması ve bu kaynakların sorumluluk ile kullanımı gibi hususları kapsayan etik hususlar yer alır. Bu etik ilkeler bitki genetik kaynaklarının sürdürülebilir ve etkili bir şekilde korunmaması/yönetilmemesinin çevresel sonuçlarıyla yakından bağlantılıdır. Etik müzakereler yerel toplulukların ve geleneksel çiftçilerin ilgili genetik kaynakların geliştirilmesinde ve üretiminde oynadıkları rolleri çerçeveleyen uluslararası anlaşmalar ve yasal düzenlemeler gerektirmektedir (Engels et al., 2011; Esquinás-Alcázar, 2005).

Ayrıca bitki genetik kaynakları ve ilgili bilgiler için bir temelin oluşturulması birçok girişimin başarısı için kritik öneme sahiptir. Uluslararası anlaşmalar ve sözleşmeler biyolojideki özellikle de biyoteknolojideki hızlı ilerlemelerle desteklenen bitki gen kaynakları ve geleneksel bilginin edinilmesi için yeni yollar açmıştır. İngilizce olarak isimlerini paylaşacağımız bazı kurumlar ve örgütler biyolojik çeşitliliğin korunmasını çerçeveleyen bazı katı kurallar ortaya koymuşlardır. Bunlar “Convention on Biological Diversity (CBD)”, “the World Trade Organization (WTO)” ve “the Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights (TRIPS)” olarak verilebilir (R. Salgotra vd., 2019).

Yarım asırlık koruma çabalarına rağmen genetik materyalin uzun vadede korunması konusundaki kalıcı zorluk hâlâ önemini korumaktadır. Gen bankalarının uzun vadede sürdürülebilirliğinin sağlanması önemli bir mali destek olmadan belirsizlik taşımaktadır.

Germ plazmanın korunmasına yönelik tehditler ve gen bankalarındaki genetik bozulma riski çoğu zaman hafife alınmaktadır. Gen bankasının sürdürülebilirliğine yönelik çok sayıda tehdidin etkili bir şekilde ele alınması insanlığın gelecek nesillerine istikrarlı bir gıda tedariki sağlanması açısından hayati öneme sahiptir (Fu, 2017).

Çevre açısından bakıldığında bu kaynakların korunması biyolojik çeşitlilik, ekosistem hizmetleri, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması ve dünyamızın genel sağlığı açısından kritik öneme sahiptir. Eş zamanlı olarak bilim ve teknolojiadaki gelişmeler tarımda genetik kaynakların toplanması, korunması ve kullanılması olanaklarını genişletmiştir. Bu gelişmeler küresel tarımsal genetik kaynak yönetimi politikalarında değişime duyulan ihtiyacın altını çizmektedir. Ayrıca koleksiyonların dijital genetik dizilere indirgenmesine yönelik ilginin artmasına rağmen tohumlar ve dokular gibi fiziksel örnekler DNA kodlarının ötesinde bir öneme sahip olabilmektedir. Gelecekteki araştırmacıların bu koleksiyonlarda bugün tam olarak anlamadığımız ve basitçe tahmin edemeyeceğimiz ekstra değerler bulmaları muhtemeldir (Gollin, 2020). Genel olarak etik ve çevresel konuların dengelenmesi bitki kaynaklarının etkili ve sorumlu bir şekilde korunması açısından kritik öneme sahiptir.

8. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Gıda üretimi, ürün çeşitlendirmesi, iklime dirençli tarıma yönelik artan ihtiyacı karşılamak ve gelecekte gıda tedarikini güvence altına almak için bitki genetik kaynaklarını sistematik olarak araştırmak, toplamak, korumak ve akıllıca kullanmak çok önemlidir. Genetik kaynakların sürdürülebilir kullanımı gıda üretimi, iklime dirençli tarım ve ürün çeşitliliğine yönelik giderek artan gereksinimlerin karşılanması ve aynı zamanda gelecekteki gıda güvenliğinin sağlanması açısından da önem arz etmektedir. Önemli zorluklar arasında kaynak koleksiyonlarına erişimin arttırılması, bilgi erişilebilirliğinin genişletilmesi ve daha geniş tarım ve hayvancılık topluluğundan gelen artan talebin karşılanması yer almaktadır. Ulusal ve uluslararası çabalar koruma uygulamaları ve sürdürülebilir kullanım yoluyla genetik çeşitliliğin korunmasına öncelik vermelidir. Nadir ve nesli tükenmekte olan bitki türlerini korumak için genetik erozyonun etkin bir şekilde izlenmesi ve genetik çeşitliliğin hassasiyetinin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Hem in-situ hem de ex-situ yöntemler mahsullerin ve biyolojik çeşitliliğin korunması için hayati önem taşıyan tamamlayıcı yaklaşımlardır. Biyoteknolojik araçlar çeşitli in-vitro kültür tekniklerinin uygulanması yoluyla genetik kaynakların korunmasına yönelik yeni olanaklar sunmaktadır. Bu teknikler genetik kaynakların korunmasına ve gelecekte kullanım için canlılıklarının korunmasına yardımcı olur. Alel/gen madenciliği yoluyla yabani türlerde ve mahsulün yabani akrabalarında değerli özelliklerin keşfedilme potansiyeli son derece umut vericidir. Sonuç olarak; bitki genetik kaynaklarının etkili bir şekilde kullanılması halihazırda mahsul verimliliğini engelleyen sınırlamaların üstesinden gelme potansiyeline sahiptir. Yüksek verimli genotipik ve fenotipik yöntemlerin benimsenmesi genetik kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlamak ve sonuçta artan dünya nüfusu için gıda güvenliğini sağlamak için gereklidir. Kaynakların sürdürülebilir kullanımının sağlanması, pestisitlerin zararlı etkilerinin azaltılması ve hem olumlu hem de stresli koşullarda bitki büyüme ve gelişiminin desteklenmesi açısından hayati önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Amos, W., & Harwood, J. (1998). Factors affecting levels of genetic diversity in natural populations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 353(1366), 177-186.
- Anderson, J. T., Willis, J. H., & Mitchell-Olds, T. (2011). Evolutionary genetics of plant adaptation. *Trends in genetics : TIG*, 27(7), 258-266. doi: 10.1016/j.tig.2011.04.001
- Bhandari, H. R., Bhanu, A. N., Srivastava, K., Singh, M. N., & Shreya, H. A. (2017). Assessment of genetic diversity in crop plants-an overview. *Adv. Plants Agric. Res*, 7(3), 279-286.
- Bhoi, A., Yadu, B., Chandra, J., & Keshavkant, S. (2022). Mutagenesis: A coherent technique to develop biotic stress resistant plants. *Plant stress*, 3, 100053.
- Choudhuri, S. (2014). Chapter 2—Fundamentals of Molecular Evolution: The opinions expressed in this chapter are the author's own and they do not necessarily reflect the opinions of the FDA, the DHHS, or the Federal Government. İçinde S. Choudhuri (Ed.), *Bioinformatics for Beginners* (ss. 27-53). Oxford: Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-12-410471-6.00002-5
- Cruz-Cruz, C. A., González-Arno, M. T., & Engelmann, F. (2013). Biotechnology and conservation of plant biodiversity. *Resources*, 2(2), 73-95.
- Deng, S. C., Tian, Y. P., Li, Y. Y., Duan, Z. F., Jiang, H. B., Bao, Y. X., Wang, Y. G. (2015). Research progress of core germplasm of tea tree resources. *Chin Agric Sci Bull*, 31(16), 121-126.
- Díez, M. J., Rosa, L. D. la, Martín, I., Guasch, L., Cartea, M. E., Mallor, C., Casañas, F. (2018). Plant Genebanks: Present Situation and Proposals for Their Improvement. the Case of the Spanish Network. *Frontiers in Plant Science*, 9. doi: 10.3389/fpls.2018.01794
- Dulloo, E., Nagamura, Y., & Ryder, O. (2006). III. DNA storage as a complementary conservation strategy. *DNA banks—providing novel options for genebanks*, 11.
- Dulloo, M. E., Hunter, D., & Borelli, T. (2010). Ex situ and in situ conservation of agricultural biodiversity: Major advances and research needs. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(2), 123-135.
- Engels, J. M. M., Dempewolf, H., & Henson-Apollonio, V. (2011). Ethical Considerations in Agrobiodiversity Research, Collecting, and Use. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 24(2), 107-126. doi: 10.1007/s10806-010-9251-9
- Esquinás-Alcázar, J. (2005). International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture and Other International Agreements on Plant Genetic Resources and Related Biotechnologies. İçinde J. Cooper, L. M. Lipper, & D. Zilberman (Ed.), *Agricultural Biodiversity and Biotechnology in Economic Development* (ss. 445-455). Boston, MA: Springer US. doi: 10.1007/0-387-25409-9_20
- FAO (1996). Global Plan of Action for the Conservation and Sustainable Utilization of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. *FAO, Rome*.
- Fu, Y.-B. (2017). The Vulnerability of Plant Genetic Resources Conserved Ex Situ. *Crop Science*, 57(5), 2314-2328. doi: 10.2135/cropsci2017.01.0014

- Gollin, D. (2020). Conserving genetic resources for agriculture: Economic implications of emerging science. *Food Security*, 12(5), 919-927. doi: 10.1007/s12571-020-01035-w
- Govindaraj, M., Vetriventhan, M., & Srinivasan, M. (2015). Importance of Genetic Diversity Assessment in Crop Plants and Its Recent Advances: An Overview of Its Analytical Perspectives. *Genetics Research International*, 2015, 431487. doi: 10.1155/2015/431487
- Hague, M. T. J., & Routman, E. J. (2016). Does population size affect genetic diversity? A test with sympatric lizard species. *Heredity*, 116(1), 92-98. doi: 10.1038/hdy.2015.76
- Hammer, K., & Teklu, Y. (2008). Plant Genetic Resources: Selected Issues from Genetic Erosion to Genetic Engineering. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)*, 109(1), 15-50.
- Hasan, M., & Abdullah, H. M. (2015). Plant genetic resources and traditional knowledge: Emerging needs for conservation. *Plant genetic resources and traditional knowledge for food security*, 105-120.
- James, F. (2022). Genetic Diversity: Importance, Conversation and its Factors. *Hereditary Genetics: Current Research*, 11(5), 0-1. doi: 10.35248/2161-1041.22.11.225
- Joshi, B. K., Ghimire, K. H., Neupane, S. P., Gauchan, D., & Mengistu, D. K. (2023). Approaches and Advantages of Increased Crop Genetic Diversity in the Fields. *Diversity*, 15(5), 603. doi: 10.3390/d15050603
- Kantar, M. B., Nashoba, A. R., Anderson, J. E., Blackman, B. K., & Rieseberg, L. H. (2017). The Genetics and Genomics of Plant Domestication. *BioScience*, 67(11), 971-982. doi: 10.1093/biosci/bix114
- Karamatlou, I., Navabpour, S., Nezhad, K. Z., Mariotti, R., Mousavi, S., & Hosseini-Mazinani, M. (2023). Cold stress resilience of Iranian olive genetic resources: Evidence from autochthonous genotypes diversity. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1140270.
- Kaviani, B. (2011). Conservation of plant genetic resources by cryopreservation. *Australian Journal of Crop Science*, 5(6), 778-800.
- Kulak, V., Longboat, S., Brunet, N. D., Shukla, M., & Saxena, P. (2022). In Vitro Technology in Plant Conservation: Relevance to Biocultural Diversity. *Plants*, 11(4), 503. doi: 10.3390/plants11040503
- Liu, Y., Geng, Y., Xie, X., Zhang, P., Hou, J., & Wang, W. (2020). Core collection construction and evaluation of the genetic structure of Glycyrrhiza in China using markers for genomic simple sequence repeats. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67, 1839-1852.
- Long, C.-L., Li, H., Ouyang, Z., Yang, X., Li, Q., & Trangmar, B. (2003). Strategies for agrobiodiversity conservation and promotion: A case from Yunnan, China. *Biodiversity & Conservation*, 12(6), 1145-1156. doi: 10.1023/A:1023085922265
- Lukačšínová, M., Novak, S., & Paixão, T. (2017). Stress-induced mutagenesis: Stress diversity facilitates the persistence of mutator genes. *PLoS Computational Biology*, 13(7), e1005609. doi: 10.1371/journal.pcbi.1005609

- Maharjan, R. P., & Ferenci, T. (2017). A shifting mutational landscape in 6 nutritional states: Stress-induced mutagenesis as a series of distinct stress input–mutation output relationships. *PLOS Biology*, 15(6), e2001477. doi: 10.1371/journal.pbio.2001477
- Mahmoodi, R., Dadpour, M. R., Hassani, D., Zeinalabedini, M., Vendramin, E., Micali, S., & Nahandi, F. Z. (2019). Development of a core collection in Iranian walnut (*Juglans regia* L.) germplasm using the phenotypic diversity. *Scientia Horticulturae*, 249, 439-448.
- Marshall, D. & Brown, Anthony. (1975). Optimum sampling strategies in genetic conservation. *Crop genetic resources for today and tomorrow*, 53-80.
- Minter, M., Nielsen, E. S., Blyth, C., Bertola, L. D., Kantar, M. B., Morales, H. E., ... Leigh, D. M. (2022). *What is genetic diversity and why does it matter?*
- Mir, A. S., Maria, M., Muhammad, S., Ali, S. M., Mir, A. S., Maria, M., ... Ali, S. M. (2020). Potential of Mutation Breeding to Sustain Food Security. İçinde *Genetic Variation*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.94087
- Mondal, P. (2016). Conservations of biodiversity: In-Situ conservation and Ex-Situ conservation. *Your Article Library*.
- Mounce, R., Smith, P., & Brockington, S. (2017). Ex situ conservation of plant diversity in the world's botanic gardens. *Nature Plants*, 3(10), 795-802.
- Odong, T. L., Jansen, J., Van Eeuwijk, F. A., & van Hintum, T. J. (2013). Quality of core collections for effective utilisation of genetic resources review, discussion and interpretation. *Theoretical and Applied Genetics*, 126, 289-305.
- Ogwu, M. C. , Osawaru, M. E., & Ahana, C. M. (2014). Challenges in conserving and utilizing plant genetic resources (PGR). *International Journal of Genetics and Molecular Biology*, 6(2), 16-23. doi: 10.5897/IJGMB2013.0083
- Pandotra, P., & Gupta, S. (2015). *Biotechnological Approaches for Conservation of Plant Genetic Resources and Traditional Knowledge*. doi: 10.1007/978-981-10-0060-7_7
- Pence, V. C. (2002). *In vitro collecting techniques for germplasm conservation*. Bioversity International.
- Pham, B., & McConnaughay, K. (2014). Plant Phenotypic Expression in Variable Environments. İçinde R. K. Monson (Ed.), *Ecology and the Environment* (ss. 119-141). New York, NY: Springer. doi: 10.1007/978-1-4614-7501-9_16
- Radhika, V. (2018). Role of biotechnology in conservation and utilization of agricultural biodiversity. *Current Science*, 115(11), 2019-2024.
- Rajpurohit, D., & Jhang, T. (2015). In situ and ex situ conservation of plant genetic resources and traditional knowledge. *Plant genetic resources and traditional knowledge for food security*, 137-162.
- Ramya, A. R., Rajesh, V., P.Jyothi, & G.Swathi. (2014). A review on in situ and ex situ conservation strategies for crop germplasm. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 5.

- Rao, N. K. (2004). Plant genetic resources: Advancing conservation and use through biotechnology. *African Journal of biotechnology*, 3(2), 136-145.
- Renzi, J. P., Coyne, C. J., Berger, J., von Wettberg, E., Nelson, M., Ureta, S., Brus, J. (2022). How could the use of crop wild relatives in breeding increase the adaptation of crops to marginal environments? *Frontiers in Plant Science*, 13, 886162.
- Robledo-Arnuncio, J. J., Klein, E. K., Muller-Landau, H. C., & Santamaría, L. (2014). Space, time and complexity in plant dispersal ecology. *Movement Ecology*, 2(1), 16. doi: 10.1186/s40462-014-0016-3
- Ross-Ibarra, J., Morrell, P. L., & Gaut, B. S. (2007). Plant domestication, a unique opportunity to identify the genetic basis of adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(suppl_1), 8641-8648. doi: 10.1073/pnas.0700643104
- Sakai, A., Kobayashi, S., & Oiyama, I. (1990). Cryopreservation of nucellar cells of navel orange (*Citrus sinensis* Osb. Var. *Brasiliensis* Tanaka) by vitrification. *Plant Cell Reports*, 9(1), 30-33.
- Salgotra, R., Sharma, M., & Pandotra, P. (2019). Biotechnological interventions for sustainable conservation of plant genetic resources in the scenario of climate change. *Natural Resources Conservation and Research*, 1. doi: 10.24294/nrcr.v2i1.754
- Salgotra, Romesh K., & Stewart, C. N. (2020). Functional Markers for Precision Plant Breeding. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(13), 4792. doi: 10.3390/ijms21134792
- Salgotra, Romesh K., Thompson, M., & Chauhan, B. S. (2021). Unravelling the genetic potential of untapped crop wild genetic resources for crop improvement. *Conservation Genetics Resources*, 1-16.
- Salgotra, Romesh Kumar, & Chauhan, B. S. (2023a). Genetic diversity, conservation, and utilization of plant genetic resources. *Genes*, 14(1), 174.
- Salgotra, Romesh Kumar, & Chauhan, B. S. (2023b). Genetic diversity, conservation, and utilization of plant genetic resources. *Genes*, 14(1), 174.
- Salgotra, Romesh Kumar, & Chauhan, B. S. (2023c). Genetic Diversity, Conservation, and Utilization of Plant Genetic Resources. *Genes*, 14(1), 174. doi: 10.3390/genes14010174
- Scowcroft, W. R. (1984). *Genetic variability in tissue culture: Impact on germplasm conservation and utilization*.
- Shu, Q.-Y., Forster, B. P., & Nakagawa, H. (2012). *Plant mutation breeding and biotechnology*. Cabi.
- Smýkal, P., Nelson, M. N., Berger, J. D., & Von Wettberg, E. J. B. (2018). The Impact of Genetic Changes during Crop Domestication. *Agronomy*, 8(7), 119. doi: 10.3390/agronomy8070119
- Swarup, S., Cargill, E. J., Crosby, K., Flagel, L., Kniskern, J., & Glenn, K. C. (2021). Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. *Crop Science*, 61(2), 839-852. doi: 10.1002/csc2.20377
- Ulukan, H. (2011). Plant Genetic Resources and Breeding: Current Scenario and Future Prospects. *Int. J. Agric. Biol.*, 13(3).

- Virchow, D. (2003). Leipzig declaration on conservation and sustainable utilization of plant genetic resources for food and agriculture. *Efficient Conservation Of Crop Genetic Diversity: Theoretical Approaches And Empirical Studies*, 15-17.
- Walters, C., & Hanner, R. (2006). IV. Platforms for DNA banking. *DNA banks—providing novel options for genebanks*, 25.
- Withers, L. A., & Engelmann, F. (1997). In vitro conservation of plant genetic resources. *Biotechnology in Agriculture. Marcel Dekker Inc. New York*, 57-88.
- Withers, L., & Engelmann, F. (1997). In Vitro Conservation of Plant Genetic Resources. İçinde A. Altman, *Agricultural Biotechnology* (ss. 57-88). CRC Press. doi: 10.1201/9781420049275.ch4
- Wouw, M. van de, Kik, C., Hintum, T. van, Treuren, R. van, & Visser, B. (2010). Genetic erosion in crops: Concept, research results and challenges. *Plant Genetic Resources*, 8(1), 1-15. doi: 10.1017/S1479262109990062
- Zhu, P., Burney, J., Chang, J., Jin, Z., Mueller, N. D., Xin, Q., ... Ciais, P. (2022). Warming reduces global agricultural production by decreasing cropping frequency and yields. *Nature Climate Change*, 12(11), 1016-1023.

Yazarlar Hakkında / About Authors

**Prof. Dr. Ekrem GÜREL | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |
gurel_e[at]ibu.edu.tr | ORCID: 0000-0001-6262-2866**

1987 yılında Ankara Üniversitesinden mezun olmuş ve aynı yıl TÜBİTAK'ın yurtdışı bursunu kazanarak, doktorasını İngiltere'de (University of Leeds) 1992'de tamamlamıştır. 1992-1995 yılları arasında Şeker Enstitüsünde (Ankara) çalışmış, 1995'den itibaren ise Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesinde çalışmaktadır. İki TÜBİTAK yurtdışı doktora sonrası burs olmak üzere (University of California Berkeley, ABD; University of Queensland, Avustralya), çok sayıda bilimsel burs ve ödül kazanarak birçok ülkede mesleki çalışma yürütmüştür. 2012-2018 yılları arasında uluslararası bir dergi olan Turkish Journal of Biology'nin (TÜBİTAK) Başeditörlük görevini yürütmüştür. Uzmanı olduğu bitki biyoteknolojisi alanında, 102'si uluslararası olmak üzere, toplam 183 adet bilimsel eser yayınlamıştır. Çok sayıda ulusal ve uluslararası araştırma projesinde yürütücü veya araştırmacı olarak görev almıştır.

**Prof. Dr. Ekrem GÜREL | Bolu Abant İzzet Baysal University |
gurel_e[at]ibu.edu.tr | ORCID: 0000-0001-6262-2866**

He graduated from Ankara University in 1987 and in the same year, he won a TÜBİTAK international scholarship and completed his PhD in England (University of Leeds) in 1992. He worked at the Sugar Institute (Ankara) between 1992 and 1995, and since then has been working at Bolu Abant İzzet Baysal University. He has carried out professional work in many countries by winning numerous scientific scholarships and awards, including two TÜBİTAK overseas postdoctoral scholarships (University of California Berkeley, USA; University of Queensland, Australia). Between 2012 and 2018, he served as the Editor-in-Chief of the Turkish Journal of Biology (TÜBİTAK), an international journal. He has published a total of 183 scientific works, 102 of which are international, in the field of plant biotechnology, in which he is an expert. He has worked as a manager or researcher in many national and international research projects.

Dipul Kumar BISWAS | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |

dipul.biswas[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-0520-1931

Dipul Kumar Biswas Hindistan'ın Kanpur şehrinde bulunan Chhatrapati Shahu Ji Maharaj Üniversitesi'nde Biyoloji alanında lisans eğitimini tamamlamış ve yüksek lisans tezini Biyoteknoloji ve Bitki Moleküler Biyoloji alanında "*Catharanthus roseus*' tan Saçak Köklerin İndüksiyonu ve Moleküler & Fitokimyasal Karakterizasyonu" başlığıyla Sam Higginbottom Tarım, Teknoloji ve Bilim Üniversitesi'nde tamamlamıştır. Şu anda Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarında doktora çalışmasını "*Metal Nanoparçacıkların Digitalis ferruginea* L. subsp. *ferruginea*'da Biyobirikimi ve Taşınımı ile Bitki Büyüme Parametreleri, Sekonder Metabolit Sentezi ve Gen İfadeleri Üzerindeki Etkileri" başlıklı TÜBİTAK projesi altında sürdürmektedir.

Dipul Kumar BISWAS | Bolu Abant İzzet Baysal University |

dipul.biswas[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-0520-1931

Dipul Kumar Biswas has accomplished his graduation in the subject of Biology at the Chhatrapati Shahu Ji Maharaj University, Kanpur, India, and completed his master's thesis in the field of Biotechnology and Plant Molecular Biology on "Induction of Hairy Roots from *Catharanthus roseus* and its Molecular and Phytochemical characterization" at the Sam Higginbottom University of Agriculture, Technology and Sciences, Allahabad, India. At present, he is joined as a Ph.D. student at the Bolu Abant İzzet Baysal University, Department of Biology, Plant Biotechnology Laboratory and he is studying his PhD on "Exposure of nanoparticles on *Digitalis ferruginea* L.: bioaccumulation and transport mechanism of the nanoparticles, effects on plant growth parameters, plant metabolites, and gene expressions".

Sarah JORJANI | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |

gorjanisarah[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-9101-7689

Sarah Jorjani, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Biyoloji Bölümünde doktora yapmaktadır. İran'ın Gorgan şehrinde bulunan İslamic Azad Üniversitesi'nde 2011 yılında Bitki Biyolojisi alanında yüksek lisans derecesini tamamlamıştır. Bu dönemde alglerin ekofizyolojisi üzerine çalışma ilgisini çekmiştir. Bu ilgi, Sarah'ı tez çalışması olan "*Hapalosiphon fontinalis* (C. Agardh) Bornet adlı toprak siyanobakterinin morfolojik değişiminin pH ve karbon dioksitin son derece sınırlı ışık yoğunluğunun birleşik etkileri üzerinde incelenmesi"ne yönlendirmiştir. Doktora çalışması ise bazı nanoparçacıkların şeker pancarı büyüme parametreleri, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerine olan etkisi üzerine odaklanmaktadır.

Sarah JORJANI | Bolu Abant İzzet Baysal University |

gorjanisarah[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-9101-7689

Sarah Jorjani is a PhD student in the biology department at Bolu Abant Izzet Baysal University. She completed her MSc degree in the field of Plant biology in 2011 at Islamic Azad University of Gorgan, Iran. Studying about ecophysiology of algae was her interest in this period. It led Sarah to work on her thesis "Studying of Morphological variation of soil cyanobacterium, *Hapalosiphon fontinalis* (C. Agardh) Bornet at combination effects of pH and carbon dioxide at the extremely limited irradiance". Her PhD study is focused on the effect of some nanoparticles on sugar beet growth parameters, physiological, and biochemical characteristics.

Nour ALAWAD | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |

alawad.nur[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-3210-0079

Nour Alawad lisans derecesini Halep Üniversitesi, Biyokimya Bölümü'nden aldı ve yüksek lisans derecesini Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarında tamamladı. Bitkilerle ilgili nanoteknoloji ve biyolojik uygulamalarını incelemek konusuna ilgi duymaktadır.

Nour ALAWAD | Bolu Abant İzzet Baysal University |

alawad.nur[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-3210-0079

Nour Alawad received her bachelor's degree from the University of Aleppo, Department of Biochemistry, and has got master's degree at Bolu Abant İzzet Baysal University, in the laboratory of Plant Biotechnology. She is interested in studying nanotechnology and its biological applications with plants.

**Dr. Ömer Can ÜNÜVAR | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |
omercanunuvar[at]gmail.com | ORCID: 0000-0001-8711-6169**

Dr. Ömer Can Ünüvar, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi'nde kimya alanında lisans derecesi almıştır ve yüksek lisans tezini, istilacı bir alg olan *Caulerpa cylindracea*'da alternatif oksidaz kodlayan genlerin tanımlanmasıyla ilgili olarak biyokimya ve moleküler biyoloji alanında tamamlamıştır. Biyokimya alanında doktora derecesi almış ve "*Triticum monococcum* ssp. *monococcum* ile ilişkili yeni bakterilerin tanımlanması ve biyokimyasal karakterizasyonu" üzerine çalışmıştır. Şu anda Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bitki Biyoteknolojisi laboratuvarında doktora sonrası araştırmacı olarak görev yapmakta ve çalışmalarını "Metal Nanoparçacıkların *Digitalis ferruginea* L. subsp. *ferruginea*'da Biyobirikimi ve Taşınımı ile Bitki Büyüme Parametreleri, Sekonder Metabolit Sentezi ve Gen İfadeleri Üzerindeki Etkileri" başlıklı TÜBİTAK projesi altında sürdürmektedir. Aynı zamanda çevre, ekoloji, bilim ve yerel kültüre odaklanan sosyal çalışmalarda da yer almaktadır.

**Dr. Ömer Can ÜNÜVAR | Bolu Abant İzzet Baysal University |
omercanunuvar[at]gmail.com | ORCID: 0000-0001-8711-6169**

Dr. Ömer Can Ünüvar earned a bachelor's degree of science in chemistry at Bolu Abant İzzet Baysal University and finished his master's thesis in the field of biochemistry and molecular biology about the identification of alternative oxidase encoding genes in invasive algae; *Caulerpa cylindracea*. He has got Ph.D. degree in Biochemistry and studied "Identification and biochemical characterization of novel bacteria associated with *Triticum monococcum* ssp. *monococcum*". He is a post-doctoral researcher in the Plant Biotechnology Laboratory of Bolu Abant İzzet Baysal University and working on "Exposure of nanoparticles on *Digitalis ferruginea* L.: bioaccumulation and transport mechanism of the nanoparticles, effects on plant growth parameters, plant metabolites, and gene expressions" as a part of TÜBİTAK project. At the same time, he is taking part in social studies that focused on the environment, ecology, science, and local culture.

Mehmet ÖRGEÇ | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |

mehmetorgec[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-9446-7538

Mehmet Örgeç, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nden mezun olmuş ve yüksek lisans tezini *Triticum monococcum* ssp. *monococcum* (einkorn) buğdayının in vitro üretimi konusunda bitki biyoteknolojisi alanında tamamlamıştır. Şu anda doktora çalışmasını Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarı'nda sürdürmektedir. Mevcut araştırması, kloroplast dönüşüm teknolojisi kullanarak genetik mühendislik üzerine odaklanmaktadır. "Şeker Pancarında Hibrit Tohum Üretiminde Kullanılacak Sitoplazmik Erkek Kısır Bitkilerin Transplastomik Transformasyon Yöntemiyle Elde Edilmesi" adlı TUBİTAK 1001 projesinde çalışmaktadır.

Mehmet ÖRGEÇ | Bolu Abant İzzet Baysal University |

mehmetorgec[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-9446-7538

Mehmet Örgeç graduated from the Department of Biology at Bolu Abant İzzet Baysal University and finished his MSc thesis in the field of plant biotechnology about in vitro propagation of einkorn (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*) wheat. He is currently carrying out his PhD studies on plant biotechnology at Bolu Abant İzzet Baysal University, Plant Biotechnology Laboratory. His current research focuses on genetic engineering via using chloroplast transformation technology. He is working on a TUBİTAK 1001 project entitled 'Production of Cytoplasmic Male Sterile Plants to be Used in Hybrid Seed Production in Sugar Beet by Transplastomic Transformation Method'.

Prof. Dr. Songül GÜREL | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi |

songul.gurel[at]ibu.edu.tr | ORCID: 0000-0003-2379-5363

Lisans ve yüksek lisans derecelerini Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinden, doktora derecesini ise Orta Doğu Teknik Üniversitesi Biyoloji Bölümünden almıştır. 1992-2018 yılları arasında Şeker Enstitüsünde (Ankara) şeker pancarı ıslahı üzerine çalışmış, sonrasında ise Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Biyoloji Bölümünde çalışmaya başlamıştır. Uzmanı olduğu bitki ıslahı ve biyoteknolojisi alanında, 42'si uluslararası olmak üzere, toplam 78 adet bilimsel eser yayınlamıştır. Çeşitli ulusal ve uluslararası araştırma projesinde yürütücü veya araştırmacı olarak görev almıştır.

Prof. Dr. Songül GÜREL | Bolu Abant İzzet Baysal University |

songul.gurel[at]ibu.edu.tr | ORCID: 0000-0003-2379-5363

She received her BSc and MSc degrees from Ankara University, Faculty of Agriculture and her PhD degree from the Middle East Technical University, Department of Biology. She worked at the Sugar Institute (Ankara) between 1992 and 2018 on sugar beet breeding, and then started working at the Biology Department of Bolu Abant İzzet Baysal University. She has published a total of 78 scientific works, 42 of which are international, in the field of plant breeding and biotechnology, in which she specializes. She has worked as a manager or researcher in several national and international research projects.

DİZİN / INDEX

A

Abiyotik 154, 161, 165, 166, 222, 230, 282, 309, 315, 320, 359, 362, 393, 394, 395, 396
Afet 251, 264, 355
Afetler 19, 251, 264, 355
Agroekolojik tarım 291, 285, 319, 328
Akdeniz 25, 29, 41, 42, 62, 74, 86, 87, 91, 202, 207, 208, 210, 215, 216, 282, 310, 327
Amik Gölü 182, 202, 204
Anadolu 25, 29, 40, 42, 47, 74, 79, 81, 87, 175, 195, 197, 202, 206, 310, 315, 326, 327
Antibiyosis 1593, 160
Antropojenik etkiler 181
Arazi 3, 12, 27, 28, 87, 91, 110, 111, 112, 117, 203, 228, 231, 245, 263, 277, 278, 280, 285, 289, 291, 313, 343, 355, 359, 361, 367, 369
Atıksu 71, 85, 94, 100
Atmosfer 15, 16, 28, 113, 356
Avantaj 13, 95, 369, 394
Avcılık 182, 184, 195, 197, 198, 199, 204, 210
Azot 26, 107, 108, 109, 116, 154, 157, 158, 163, 164, 165

B

Bahçe 26, 58, 245, 310, 314, 399
Bahçecilik 253, 394
Balıkçılık 195, 197, 198, 200, 209, 210, 211, 212, 215, 216
Baraj 88, 93, 99, 202, 203
Basınçlı sulama 89, 90, 95
BÇS 309
Beyşehir Gölü 203, 204
Bitki 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 23, 25, 26, 27, 42, 44, 45, 47, 51, 63, 71, 73, 76, 83, 91, 93, 94, 96, 97,

108, 109, 110, 112, 113, 126, 131, 135, 149, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 172, 178, 185, 204, 221, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 237, 241, 248, 251, 252, 264, 266, 277, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 307, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 326, 328, 336, 337, 339, 344, 345, 353, 355, 361, 364, 365, 379, 381, 384, 385, 387, 391, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 411, 415

Bitki çeşitlendirmesi 290

Bitki deseni 73

Bitki endemizmi 25

Bitki genetik kaynakları 23, 26, 309, 311, 391, 403, 404

Bitki ıslahı 178, 225, 307, 315, 319, 320, 326, 387, 415

Bitkiler 9, 13, 25, 51, 63, 83, 107, 111, 132, 153, 154, 155, 157, 158, 161, 162, 163, 165, 166, 228, 245, 259, 265, 266, 289, 309, 313, 317, 323, 324, 333, 336, 341, 345, 367, 395, 396

Bitki örtüsü 108, 162, 224, 288, 289, 291, 361

Bitkisel üretim 11, 55, 160, 245

Biyoçeşitlilik 3, 4, 9, 11, 12, 16, 23, 25, 51, 71, 83, 86, 105, 110, 129, 132, 139, 152, 164, 166, 195, 201, 202, 205, 206, 207, 226, 232, 244, 249, 251, 253, 254, 259, 265, 266, 275, 277, 278, 279, 283, 285, 287, 288, 289, 290, 291, 307, 326, 327, 328, 333, 336, 340, 341, 343, 344, 345, 353, 356, 365, 367, 381, 384, 404

Biyodinamik tarım 112, 113

Biyolojik döngüler 280, 281

Biyosfer 116, 175, 356

Biyoteknoloji 219, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 231,
232, 264, 303, 324, 394, 403
Biyotik 3, 154, 161, 165, 166, 221, 222, 230, 278,
282, 287, 309, 312, 315, 320, 359, 362, 379,
393, 394, 395, 396
Biyoturizm 180
Böcek 110, 113, 115, 117, 133, 135, 137, 138, 164,
185, 230, 252, 288, 341
BSGM 197, 198, 199, 200, 201, 202, 207, 209, 210,
211
Buğday 13, 14, 15, 25, 26, 135, 226, 263, 286, 310,
312, 315, 322, 336
BÜGEM 314
Buharlaşma 19, 71, 87, 361
Büyükbaş 84
Buzul 25

C-Ç

Coğrafya 25, 73, 255
Çekirdek 394, 395
Çevre 4, 60, 64, 77, 82, 83, 84, 94, 98, 107, 109, 116,
126, 129, 131, 132, 135, 139, 160, 166, 178,
181, 222, 224, 228, 229, 243, 249, 261, 265,
277, 278, 282, 287, 293, 311, 312, 317, 321,
323, 324, 326, 333, 340, 341, 345, 359, 365,
366, 369, 379, 381, 394, 397, 414
Çiçek şeritleri 285, 288, 289, 293
Çimenlik şeritleri 289

D

Damarlı bitkiler 25
Deniz seviyesi 13
Deprem 26, 175, 181
Dezavantaj 13, 132, 369, 399
DNA 222, 226, 227, 228, 229, 233, 234, 235, 236,
323, 366, 371, 372, 381, 382, 383, 384, 393,
396, 397, 401, 402, 405, 406, 410
Doğal çevrimler 11
DSİ 76, 81, 82, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 98

E

EBK 197

Eğilim 28, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 341, 381
Eğirdir Gölü 203, 204, 205, 211
Ekolojik yoğunlaştırma 284, 285, 286, 287
Ekonomik 12, 26, 44, 57, 76, 85, 93, 111, 115, 180,
207, 208, 221, 222, 224, 227, 247, 251, 261,
262, 263, 265, 266, 292, 314, 322, 325, 327,
333, 337, 341, 342, 343, 344, 368, 369, 396
Eko Sağlık 353
Ekosistem 3, 12, 46, 61, 63, 73, 105, 110, 111, 112,
113, 116, 132, 135, 149, 154, 177, 189, 201,
204, 210, 226, 241, 243, 244, 248, 249, 253,
259, 265, 275, 277, 278, 279, 280, 281, 282,
283, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292,
293, 309, 333, 336, 337, 341, 342, 353, 359,
363, 364, 381, 391, 393, 405
Ekosistem yönetimi 281, 291
Ekoturizm 180
Emisyon 15, 28
Endemik 25, 47, 51, 188, 195, 202, 203, 204, 205,
210, 267, 310, 319, 324
Epigenetik 335, 393
Erozyon 61, 115, 181, 261, 391
ETA E 313, 328
Et sanayi 247
Evcil 178, 179, 180, 248, 356, 358, 359
Ex situ 26, 406, 408

F

FAO 11, 17, 46, 64, 140, 141, 185, 190, 221, 226, 233,
241, 242, 248, 251, 254, 262, 268, 281, 286,
296, 328, 336, 337, 338, 339, 341, 342, 346,
347, 395, 406
Farmasötikler 353, 367
Fitocoğrafik 25, 310
Flora 3, 73, 114, 188, 275, 276, 277, 281, 282, 289,
291
Fosfat 86, 157, 229
Fosfor 107, 109, 155, 158, 164, 165
Fosil yakıt 9, 231
Fotosafari 180
Fungus 134, 151, 155, 157, 163, 164, 165, 167, 170

G

GDO 230, 231, 305, 307, 318, 322, 328
Gen bankası 26, 313, 326, 327, 402
Genetik 23, 26, 27, 30, 42, 45, 46, 49, 51, 113, 136, 201, 209, 221, 222, 226, 227, 228, 229, 231, 232, 241, 244, 248, 249, 253, 256, 259, 265, 266, 267, 278, 282, 288, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 319, 320, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 335, 336, 337, 338, 339, 342, 358, 379, 381, 382, 383, 384, 385, 387, 391, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 415
Genetik çeşitlilik 27, 177, 201, 311, 312, 313, 315, 320, 339, 379, 381, 382, 383, 384, 385, 393, 395, 396, 397, 398
Gen merkezi 25, 26, 248, 310
Genom 221, 222, 228, 229, 323, 379, 383, 384
Genotip 26, 230, 394, 397
Gen tedavisi 222
Geofit 26
Gezegen Sağlığı 353, 355, 369
Gıda güvenliği 3, 12, 13, 27, 62, 63, 131, 166, 231, 241, 243, 244, 247, 248, 249, 250, 251, 253, 254, 255, 262, 266, 267, 277, 278, 293, 342, 391, 394, 402, 403
Göl 84, 86, 182, 195, 197, 201, 204, 284
Gübre 55, 61, 63, 83, 91, 93, 105, 107, 108, 109, 110, 113, 114, 115, 117, 162, 163, 165, 172, 244, 263, 265, 267, 288, 312, 318, 381, 393

H

Habitat 107, 112, 139, 177, 178, 182, 187, 188, 202, 203, 206, 208, 249, 266, 277, 278, 281, 282, 285, 288, 291, 296
Habitat kaybı 112, 139, 182
Harita 34, 41, 78, 230
Haşere 110, 111, 115, 117
Havza 81, 83, 88, 96, 97, 360
Hayvan 11, 57, 58, 83, 84, 107, 113, 116, 163, 166, 204, 222, 225, 226, 241, 244, 247, 248, 249,

251, 252, 253, 266, 277, 288, 333, 337, 339, 344, 345, 353, 356, 364, 365, 369, 381, 384, 393

Hayvancılık 11, 60, 71, 82, 83, 84, 85, 92, 96, 100, 117, 243, 246, 247, 248, 255, 263, 278, 283, 285, 288, 289, 336, 405

Herbisitler 134, 164, 230

Hidrobiyoloji 197, 212, 214

Hidrolojik denge 71, 81, 85

I-İ

IBF 223

IPBES 12, 17, 261, 268, 277, 278, 297, 355, 358, 372, 373

IPCC 12, 13, 17, 86, 87, 88, 98, 109, 120, 261, 268, 367, 373

IUCN 107, 139, 143, 177, 182, 190, 195, 196, 202, 203, 210, 212, 214

Isınma 12, 13, 27, 87, 115, 139, 353, 355

Islah 27, 45, 49, 219, 226, 227, 228, 230, 232, 249, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 316, 317, 319, 320, 321, 323, 325, 327, 385, 394

İç bitki 285, 286, 288, 291, 292

İklim 3, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 23, 27, 28, 31, 32, 34, 44, 45, 46, 48, 71, 73, 74, 76, 83, 86, 87, 91, 94, 96, 105, 110, 111, 115, 117, 139, 154, 165, 166, 181, 187, 188, 210, 221, 222, 229, 232, 241, 243, 244, 245, 246, 247, 249, 252, 259, 261, 262, 264, 266, 267, 278, 288, 290, 291, 312, 313, 319, 333, 337, 343, 353, 355, 356, 357, 358, 359, 361, 363, 367, 368, 370, 379, 381, 391, 393, 394, 399, 402, 405

İklim değişikliği 3, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 27, 48, 71, 74, 83, 86, 94, 115, 139, 165, 166, 181, 187, 188, 222, 241, 252, 259, 261, 262, 266, 267, 278, 291, 319, 333, 337, 343, 355, 357, 359, 361, 363, 379, 391, 402

İn situ 313, 314, 406, 408

İran-Turan 25, 310

İstila 111, 180, 184, 188, 212

J

Jeoloji 356

K

Kalıtsal 366, 379, 383, 396, 397

Kanatlı eti 247

Karasal ekosistemler 12, 62, 108, 109, 136, 149, 152, 179, 363

Karbon 15, 63, 109, 110, 113, 116, 152, 157, 164, 165, 290, 336, 353, 355, 413

Kayıp 12, 133, 149, 163, 317, 338, 358

Kentsel tarım 136, 287

Kırmızı et 84, 246, 247, 254

Klasik ıslah 226, 311, 312, 320

Kök bakteri 159, 160

Konukçu bitki 155, 156, 157, 159, 160

Kriyosfer 28

Küçükbaş 84, 247

Kuraklık 11, 14, 15, 19, 82, 83, 86, 87, 88, 96, 165, 181, 245, 252, 353, 355, 381, 393

Küresel ısınma 12, 13, 139, 353, 355

Kuşlar 111, 129, 131, 134, 138, 179, 180, 287, 289, 290

L

Leşçil 179

M

Mahsul 107, 110, 111, 112, 253, 287, 337, 394, 396, 398, 403, 405

Meyve 26, 27, 57, 68, 90, 95, 111, 112, 131, 133, 155, 161, 245, 248, 266, 291, 313, 338, 341

Mikrobesin 335, 337, 340

Mikrobiyom 162, 333, 353, 363, 366

Mikroplastik 55, 60, 61, 62, 63

Model 14, 23, 24, 45, 48, 82, 165, 279, 302, 359, 362

Mutasyon 136, 312, 382, 383, 384, 395, 396

N

NPK 109

Nüfus 73, 100, 112, 166

O-Ö

OECD 132, 141, 221, 222, 223, 224, 235, 261, 268, 269

Okyanus 28, 60, 61, 357, 358

Organik bitki ıslahı 307, 319, 320, 326

Organik tarım 263, 265, 280, 281, 282, 283, 289, 318, 319, 321, 327

Orman 11, 19, 155, 163, 164, 186, 224, 252, 253, 266, 290, 324, 336, 355, 394, 399, 400

Ormancılık 11, 222, 229, 283, 285, 287, 288, 289, 291

Ornitoturizm 180

Örtü bitkileri 112, 116, 281, 286, 288

Ötrofikasyon 86, 108

P

Pestisit 57, 91, 111, 129, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 162, 185, 186, 263, 265, 267, 278, 285, 318, 381

PGPF 154, 160, 161

PGPR 158, 160, 169

Plastik 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 95, 384

Polen 137, 227, 285, 289, 290, 340, 353, 361, 397, 398

Projeksiyon 28, 32, 44, 356

Protein 160, 165, 169, 221, 222, 229, 246, 312, 335, 338, 393

R

RCP4.5 14, 23, 24, 28

RCP8.5 14

Regülatör 204

Rejeneratif tarım 105, 112, 115, 116, 117, 283

Riskler 9, 11, 12, 61, 85, 230, 323, 324, 358

Rizosfer 109, 149, 151, 152, 153, 154, 157, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166

S

Sel 11, 13, 26, 61, 71, 86, 87, 88, 93, 175, 183, 197, 244, 264, 399

Senaryo 23, 28, 32, 86
Sentetik gübreler 112, 165
Sera gazı 9, 15, 19, 58, 63, 105, 109, 116, 277, 278
Sıcak hava 13, 16, 86, 357
Sıcaklık 16, 23, 28, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 40, 44, 45, 61, 85, 86, 87, 165, 245, 247, 353, 357, 361, 393
Sıcaklık 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 165
Sosyal 12, 63, 73, 93, 178, 189, 201, 247, 251, 261, 265, 287, 292, 314, 325, 356, 368, 369, 370, 404, 414
Su 11, 12, 18, 19, 27, 44, 47, 55, 57, 58, 60, 61, 63, 71, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 100, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 115, 116, 126, 132, 153, 163, 164, 165, 181, 195, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 215, 222, 243, 244, 249, 251, 252, 259, 261, 263, 264, 265, 266, 267, 277, 282, 283, 286, 290, 293, 309, 312, 318, 336, 343, 345, 357, 359, 360, 361, 366, 367, 381, 400, 401
Su ayak izi 71, 84
Su havzaları 71, 111
Su kıtlığı 77, 78, 83
Su potansiyeli 78, 82, 84, 87
Su stresi 77, 78
Su ürünleri 55, 82, 84, 195, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 215, 222, 336
Sulak alanlar 88, 187, 192, 290
Sulama 58, 61, 62, 71, 73, 76, 82, 84, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 109, 163, 204, 264, 265, 312, 325
SUMAE 209
Sürdürülebilirlik 73, 91, 111, 166, 254, 261, 262, 263, 265, 267, 279, 285, 319, 369, 384
Sürdürülebilir tarım 46, 105, 129, 166, 172, 243, 263, 264, 267, 279, 280, 327, 307, 391, 393
SYGM 82, 83, 85, 86, 87, 88, 99

T

Tabii Göller 204
TAGEM 47, 92, 210, 223, 236, 314, 316
Tahmin 12, 27, 62, 82, 83, 86, 87, 91, 177, 219, 223, 226, 262, 263, 340, 359, 361, 366, 367, 368, 405
Taksonlar 25, 286, 358, 359
Taksonlar 366
Tarım 9, 11, 13, 15, 19, 27, 46, 55, 57, 61, 71, 76, 77, 82, 83, 87, 91, 92, 93, 96, 105, 107, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 126, 129, 132, 133, 139, 151, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 172, 182, 185, 222, 228, 229, 231, 232, 243, 244, 245, 246, 248, 249, 251, 252, 254, 255, 263, 264, 265, 267, 275, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 303, 307, 309, 310, 318, 319, 321, 323, 325, 327, 328, 333, 336, 337, 340, 341, 343, 344, 381, 385, 391, 393, 394, 395, 396, 399, 405
Tarımsal biyoçeşitlilik 9, 11, 16, 248, 250, 253, 277, 326
Tarımsal meteoroloji 9, 13, 16, 19
Tarımsal üretim 55, 114, 131, 132, 133, 136, 215, 241, 243, 244, 252, 263, 279
Tarım sistemi 113, 279, 287, 319
Tarla 26, 90, 94, 105, 109, 110, 111, 226, 245, 281, 282, 285, 288, 289, 290, 293, 310, 314, 316
Tarla Bitkileri 26, 27, 51, 90, 245, 272, 303, 313, 327, 328, 387
Tehlike 134, 185, 229, 249, 318, 355
Tehlikeli 86, 134, 135, 355, 360
Tek Sağlık 333, 345, 353, 355, 356, 369
Terleme 361
Tescil 27, 91, 313, 314, 316, 322
TİGEM 314
Tohum 49, 57, 63, 138, 163, 222, 226, 227, 245, 307, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 325, 326, 329, 393, 394, 395, 397, 399, 400, 401

Toprak 13, 14, 15, 25, 55, 60, 61, 62, 63, 83, 87, 88,

90, 91, 93, 94, 96, 97, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 126, 129, 136, 149, 151, 152, 153, 154, 157, 158, 159, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 229, 243, 245, 249, 251, 252, 259, 261, 263, 264, 265, 266, 267, 275, 277, 278, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 290, 291, 292, 293, 309, 312, 313, 318, 324, 336, 337, 343, 344, 345, 353, 355, 363, 413

Toprak erozyonu 164, 261, 264

Tozlayıcı 129, 132, 137, 249, 278, 284, 290

Trakya 13, 14, 15, 18, 50, 81, 83, 202, 206

Trend analizi 47

Trend Analizleri 23

TRT 180

TUİK 73, 84, 85, 100, 255

Türkiye 2

Türkiye Bilimler Akademisi 2

Türler 3, 12, 26, 105, 108, 109, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 188, 190, 202, 203, 206, 207, 208, 219, 226, 228, 230, 248, 249, 264, 275, 277, 278, 284, 285, 286, 290, 291, 336, 339, 359, 368, 383, 391, 394, 397, 399, 400, 403

U

UNDP 261, 270

UNESCO 261, 270

Uyum 9, 11, 94, 158, 175, 229, 245, 278, 311, 312, 359, 363, 381

V

Varyasyon 26, 43, 162, 310, 383

Verim 19, 27, 42, 110, 111, 112, 113, 131, 132, 133, 134, 138, 160, 164, 197, 204, 243, 245, 252, 263, 278, 285, 290, 309, 310, 312, 316, 317, 322, 327, 381, 395, 397

Verimlilik 115, 222, 224, 247

W

WCED 261, 270

Y

Yaban hayatı 175, 178, 279, 280, 358, 360

Yaban Hayatı 178

Yabani 26, 42, 51, 110, 111, 116, 133, 134, 137, 226, 227, 228, 229, 230, 248, 249, 285, 288, 289, 290, 309, 314, 324, 333, 336, 337, 339, 341, 342, 344, 358, 359, 391, 393, 394, 395, 398, 399, 402, 403, 405

Yabani besin 333, 341, 342, 344

Yabani sebze 314

Yağış 16, 23, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 41, 44, 45, 71, 74, 75, 76, 86, 87, 88, 93, 165, 245

Yakındoğu 25

Yangın 26

Yeraltı suyu 61, 73, 78, 81, 82, 83, 86, 88

Yetiştiricilik 59, 131, 133, 138, 139, 195, 197, 198, 199, 200, 205, 288, 292, 311, 317, 325

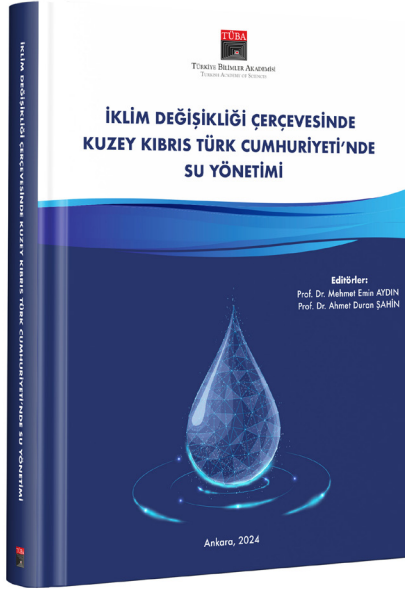
Yükselti farklılığı 25

Yutak 15

Z

Zararlılar 11, 137, 138, 259

Zoonoz 353



Yayını okumak için lütfen kodu taratın



Yayını okumak için lütfen kodu taratın





Yayını okumak için lütfen kodu taratın



Yayını okumak için lütfen kodu taratın



Yayını okumak için lütfen kodu taratın



Bilimsel alışmalar ülkelerin en önemli başarı ölçütlerinden birisi olup, diğeri tüm dallardan en farklı ve ayırt edici zelliğeri bulgularını somut kanıtlarla sunması ve bu bağlamda en güvenilir dallardan birisi haline gelmesidir. Bilim aynı zamanda çok sayıda alt kolları ile olayları daha iyi anlamamızı, insanların daha iyi yaşam koşullarına kavuşmasını, bilinmeyen olguları bulmamızı ve neticede yaratılmış evreni daha iyi anlamamıza yardımcı olmaktadır. Biyoçeşitlilikte insanoğlunun yaşamı için çok önemli bir alan olup, son yıllarda üzerinde fazla bilimsel çalışma yapılan dallardan birisidir.

Bu kitapta “Biyoçeşitlilik, Tarım ve Gıda” konusunda uzman ve tanınmış bilim insanları, Türkiye’de sürdürülebilir bir gelecek sağlamak için biyoçeşitlilik, tarım ve gıda ekseninde düşüncelerini paylaşmışlardır. TÜBA-evre Biyoçeşitlilik ve İklim Değeriikliğeri alışma Grubu ile Gıda ve Beslenme alışma Grubu, Türkiye için, “Biyoçeşitlilik, Tarım ve Gıda” ekseninde ortak çözüm üretmede birlikte başarma, misyonuyla ortak yol haritası oluşturulmasına katkı sağlamaya çalışmıştır. Bu eser, biyoçeşitlilik, tarım ve gıda konusunda, bilim adına yararlı olacak bir çalışmadır.



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ
TURKISH ACADEMY OF SCIENCES

Vedat Dalokay Caddesi No: 112 ankaya 06670 ANKARA
Telefon : +90 (312) 442 29 03 Faks : +90 (312) 442 72 36

- www.tuba.gov.tr
- www.facebook.com/turkiyebilimlerakademisi
- www.x.com/TUBA_TurkBlmAkd

