



ZİRAAT VE TEMEL BİLİMLER ALANINDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

EDİTÖR
Dr. Emine KIRBAY



ZİRAAT VE TEMEL BİLİMLER ALANINDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

EDİTÖR

Dr. Emine KIRBAY

YAZARLAR

Prof. Dr. Duran KATAR

Prof. Dr. Şeyda ZORER ÇELEBİ

Prof. Dr. Tamer ERYİĞİT

Doç. Dr. Erol ORAL

Doç. Dr. Mustafa YAŞAR

Doç. Dr. Timuçin TAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ALTUNER

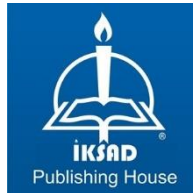
Öğr. Gör. Dr. Yahya IŞIK

Dr. Berkant İsmail YILDIZ

Dr. Nimet KATAR

Arş. Gör Zübeyir AĞIRAĞAÇ

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13984449>



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

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

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

Iksad Publications – 2024©

ISBN: 978-625-367-878-4

Cover Design: İbrahim KAYA

October/ 2024

Ankara / Türkiye

Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

TÜRKİYE'DE BAKLAGİL YEM BİTKİLERİNİN STRATEJİK ÖNEMİ: TARIMSAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE HAYVANCILIĞA KATKILARI

Arş. Gör Zübeyir AĞIRAĞAÇ

Prof. Dr. Şeyda ZORER ÇELEBİ.....3

BÖLÜM 2

BAL ARISI KOLONİLERİNDE VARROA İLE BİYOTEKNOLOJİK MÜCADELE: BAŞARILAR, FIRSATLAR VE ZORLUKLAR

Dr. Berkant İsmail YILDIZ.....25

BÖLÜM 3

BİYOÇEŞİTLİLİĞİN ÖNEMİ VE KORUNMASI

Doç. Dr. Erol ORAL

Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ALTUNER

Prof. Dr. Tamer ERYİĞİT.....51

BÖLÜM 4

KÜRESEL ISINMAYI HAFİFLETMEYE YÖNELİK STRATEJİLER

Arş. Gör Zübeyir AĞIRAĞAÇ

Prof. Dr. Şeyda ZORER ÇELEBİ.....71

BÖLÜM 5

BAMYA (*Abelmoschus esculentus* L.) Moench) YETİŞTİRİCİLİĞİ

Dr. Nimet KATAR

Doç. Dr. Mustafa YAŞAR

Prof. Dr. Duran KATAR.....105

BÖLÜM 6

KANATLI KARMAYEMLERİNDE ENERJİ KAYNAĞI OLARAK MISIR VE ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMI

Öğr. Gör. Dr. Yahya IŞIK

Doç. Dr. Timuçin TAŞ.....131

ÖNSÖZ

Küreselleşen dünya düzeninde tarım alanında yapılan iyileştirme ve sürdürülebilirlik çalışmaları ekonomik beklentiler ışığında yol almaktadır. Fakat konunun özüne dönüldüğünde ise tarım alanındaki güncellemeler sağlıklı nesiller ve bu nesillere sağlıklı, sürdürülebilir bir beslenme düzeni inşa etmeyi hedeflemektedir. Biyoteknoloji, dijital tarım, ıslah çalışmaları, gen teknolojisi gibi konular çağımızda modern tarımın gelişmesindeki önemli yansıma unsurları olmuştur. Güncel yaklaşımlar neticesinde tarımsal üretimin etkinliği artacak ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşacaktır. “Ziraat ve Temel Bilimler Alanında Güncel Yaklaşımlar” adlı bu kitap tarım alanındaki en son ki gelişmeleri, yenilikçi metodları ve uygulamaları bir araya getirmiş olup ziraat alanındaki güncel yaklaşımları kapsamaktadır. Kitabın hazırlanmasında emeği geçen tüm yazarlarımıza ve yayın aşamasına hazırlayan İksad Yayınevi çalışanlarına teşekkür ederim.

Dr. Emine KIRBAY¹

¹ Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Atatürk Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, eminekirbay86@gmail.com, ORCID:0000-0002-0343-0829

BÖLÜM 1

TÜRKİYE'DE BAKLAGİL YEM BİTKİLERİNİN STRATEJİK ÖNEMİ: TARIMSAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE HAYVANCILIĞA KATKILARI

Arş. Gör Zübeyir AĞIRAĞAÇ¹
Prof. Dr. Şeyda ZORER ÇELEBİ²

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1414-1472> 2, e posta: zubeyiragiragaç@yyu.edu.tr,

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1278-1994>, e posta: seydazorer@yyu.edu.tr,

GİRİŞ

Tarım, insanlığın varoluşundan bu yana temel gıda ihtiyacını karşılayarak yaşamda büyük bir rol oynamıştır. Tarih boyunca, tarım çeşitli dönemlerde farklı yöntemlerle insan yaşamının ayrılmaz bir parçası olmuştur. Beslenme, biyolojik gereksinimlerin karşılanması için temel bir gerekliliktir ve yalnızca gıda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda insanların diğer ihtiyaçlarını karşılamalarına gereken gücü de sağlar. İlk insanlar, gıda ihtiyaçlarını avcılık ve toplayıcılıkla sağlamış, doğadaki bitkileri iklim koşullarına göre kullanmışlardır (Noyan, 2016). Zamanla tarımsal faaliyetlerin yaygınlaşmasıyla elde edilen ürünlerin besleyicilik değerleri önem kazanmış, ancak bu ürünlerin gelecek nesillere ulaşabilmesi için sürdürülebilirlik bir zorunluluk haline gelmiştir. Sürdürülebilirlik genellikle karmaşık veya yetersiz bir şekilde tanımlanabilir ve kişisel deneyimlere, dünya görüşüne göre değişiklik gösterebilir. Genel olarak, sürdürülebilirlik bir süreci devam ettirme yeteneği olarak tanımlanır ve biyolojik sistemler bağlamında çevresel ekosistemlerin, biyoçeşitliliğin ve üretkenliğin geleceğe taşınmasını ifade eder. Tarımsal açıdan bakıldığında, sürdürülebilirlik üç ana boyutta ele alınır. İlk boyut, gıda güvenliği ve kârlılığı içerir; bu, tarımsal faaliyetlerin yeterli ve sağlıklı gıda üretmesini ve kârlılığı artırmasını sağlamak için teknolojik ilerlemeye dayalı sürekli verimlilik artışını vurgular. İkinci boyut, kaynakların sınırlı doğası ve yönetimini kapsar; bu, kaynakları değişen koşullara göre yönetmeyi gerektirir. Üçüncü boyut ise toplumun sürdürülebilir gıda üretimi ve tarımın geleceği hakkındaki beklentilerini içerir; bu, tarımın daha geniş bir sistemin parçası olduğunu ve çevreye zarar vermeden mevcut kaynakları verimli kullanmayı amaçladığını belirtir (Douglass, 1984; Saptana, 2007; Pezikoğlu, 2012). Toplumun sürdürülebilir gıda üretimi ve artan insan nüfusunun gıda talebini karşılamak adına sürdürülebilir hayvancılık ta önemli bir konu olarak öne çıkmaktadır. Sürdürülebilir hayvansal üretim, çevresel açıdan sağlıklı, ekonomik olarak kârlı ve sosyal olarak kabul edilebilir bir üretim biçimi olarak tanımlanabilir (Darnhofer ve ark., 2010). Dünya nüfusu hızla artarken, beslenme ve gıda güvenliği sorunları da büyümektedir. Sağlıklı ve dengeli bir diyet, yeterli protein, vitaminler, mineraller ve eser elementler içeren gıdalarla sağlanmalıdır. Et, süt ürünleri ve yumurta gibi hayvansal kaynaklı gıdalar, bu dengeli beslenme için kritik öneme sahiptir. Hayvansal gıdaların üretimi, yalnızca beslenme açısından değil, aynı zamanda tarımın

sürdürülebilirliği ve çevresel etkileri açısından da büyük bir rol oynar. Bu ürünlerin üretimi, yem bitkileri yetiştiriciliği ile doğrudan ilişkilidir ve sürdürülebilir tarım uygulamaları bu dengenin korunmasında hayati önem taşır. Yem bitkileri yetiştiriciliği, hayvansal üretimin sürdürülebilirliğini destekleyerek besin zincirinin etkin işlenmesine katkıda bulunur (Tekinel, 1984; Tan, 2010). Yem bitkilerinin münavebede yer alması, tarım ve hayvancılığın sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır (Sabancı ve ark., 2010). Tarım topraklarının verimliliğine ve sürdürülebilirliğine katkı sağlayan bu bitkiler, aynı zamanda hayvansal üretimde önemli bir yere sahip olan besleme giderlerini de düşürmektedir. Hayvansal üretimde besleme maliyetleri %70'e varan oranlarda yüksektir (Parlak ve Sevimay, 2007; Alçıçek ve ark., 2010; Sabancı ve ark., 2010; Özkan ve Demirbağ, 2016). Hayvanların yeterli ve dengeli beslenmesini sağlamayı hedefleyen yem bitkileri yetiştiriciliği, hem hayvansal hem de bitkisel üretimin güvencesi olarak değerlendirilmektedir (Yolcu ve Tan, 2008). Yem bitkilerinin sağladığı bu faydalara ek olarak, yeşil gübre olarak kullanımları ve hasat sonrası toprakta kalan kök artıklarının tarım arazilerinin iyileştirilmesine ve çevrenin korunmasına olan olumlu etkileri de bilinmektedir. Ancak azotlu gübre kullanımının daha pratik bulunması nedeniyle, tarla tarımında yeşil gübre bitkisi olarak kullanımları yaygınlaşmamıştır (Zai ve ark., 2008; Özyazıcı ve ark., 2009). Oysa baklagil yem bitkileri, derin kök sistemleri ve yüksek biyokütle üretimleriyle toprağa önemli miktarda organik madde ve azot kazandıran bitki gruplarıdır (Çeçen ve ark., 2005). Hem yeşil gübre olarak hem de hayvan yemi olarak kullanılabilmeleri, bu bitkilere çift yönlü bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca diğer bitkilere kıyasla daha az sera gazı salınımına neden olmaları, sürdürülebilir tarım açısından değerli bir yere sahiptir. Aynı zamanda biyolojik azot fiksasyon kapasitesine sahip olmaları sayesinde toprak verimliliğini artırırken, ekosistem bozulmasına karşı toprağın direncini güçlendirme potansiyelleri bulunmaktadır. Ekim nöbeti sistemlerinin en önemli bileşenlerinden biri olarak değerlendirilen bu bitkiler, hayvansal üretimin kaba yem kaynaklarını oluşturma gibi birçok tarımsal fayda sunmaktadır. Üstelik birçok baklagil yem bitkisi cins ve türü, zengin protein, vitamin ve mineral içeriği ile kaliteli yem kaynakları olarak tanımlanmaktadır (Özyazıcı, 2023).

Türkiye’de Tarım ve Baklagil Yem Bitkilerinin Türkiye Tarımındaki Yeri

Tarım, binlerce yıldır Türkiye'nin en önemli sektörlerinden biri olmuştur. Anadolu toprakları, tarih boyunca sayısız medeniyete ev sahipliği yapmış ve bu medeniyetlerin ayakta kalmasında tarımsal faaliyetler belirleyici olmuştur. Tarım, toplumun temel geçim kaynağı olarak Türkiye'nin ekonomik ve sosyal yapısında büyük rol oynamaya devam etmektedir. Ülkemiz, elverişli coğrafi konumu, farklı iklim koşulları ve verimli toprakları sayesinde tarımsal üretim açısından zengin bir potansiyele sahiptir. Tarımın Türkiye için stratejik önemi, yalnızca geçmişe ait bir miras değil, günümüzde de sürmektedir. Dünyanın önde gelen ülkeleri, hem kendi gıda ihtiyaçlarını karşılamada hem de küresel tarımsal üretimde söz sahibi olma konusunda büyük adımlar atmaktadır. Gelişmiş ülkeler, tarımın stratejik önemini erken kavrayarak sektörü destekleyici politikalar geliştirmiş ve bu politikalarla araştırma, teknoloji ve eğitim gibi alanlara önemli yatırımlar yapmışlardır. Bu sayede tarımsal üretimde verimlilik artırılmış, sürdürülebilirlik sağlanmıştır. Ayrıca uluslararası ticaret anlaşmaları ve tarım politikalarındaki uyum, bu ülkelerin küresel tarım piyasasında etkin rol oynamasına katkı sağlamaktadır. Tarımdaki bu gelişmeler, dünya genelinde gıda güvenliğine ve istikrarına büyük katkı sunmaktadır. İnsanların temel gıda ve giyim ihtiyaçlarının karşılanmasında kritik bir sektör olan tarım, tarih boyunca olduğu gibi bugün de vazgeçilmez bir stratejik önem taşımaya devam etmektedir (Berkin, 2024). Türkiye, zengin biyoçeşitliliği, gelişmiş tarıma dayalı sanayisi, doğal yapısı, iklimsel özellikleri ve stratejik coğrafi konumu ile tarım sektöründe önemli bir rekabet avantajına sahiptir. Yaklaşık 55 farklı tarım ürününün üretiminde dünyada ilk 10 sırada yer alması, bu avantajı daha da pekiştirmektedir (FAO, 2022). Ayrıca Türkiye'nin Yakın Doğu ve Akdeniz gibi iki önemli gen merkezinin kesişim noktasında bulunması ve Avrupa-Sibirya, İran-Turan ve Akdeniz fitocoğrafik bölgelerinin birleşim alanında yer alması, ülkenin zengin genetik çeşitliliğe sahip olmasına neden olmaktadır. Bu stratejik konum, Türkiye'yi soğan (*Allium cepa*), sarımsak (*Allium sativum*), bezelye (*Pisum sativum*), badem (*Amygdalus dulcis*), şeker pancarı (*Beta vulgaris*), buğday (*Triticum aestivum*), keten (*Linum usitatissimum*), nohut (*Cicer arietinum*), mercimek (*Lens culinaris*), arpa (*Hordeum vulgare*), asma (*Vitis vinifera*), erik (*Prunus domestica*) ve yulaf (*Avena sativa*) gibi birçok bitki türünün gen merkezi

yapmıştır (Karagöz ve ark., 2020). Türkiye, iklim, bitki örtüsü ve ekolojik çeşitliliğe bağlı olarak Akdeniz, Doğu Anadolu, Ege, Marmara, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu ve Karadeniz olmak üzere yedi coğrafi bölgeye ayrılmıştır (Şenkul ve Kaya, 2017).

Çizelge 1. Türkiye’deki bitkisel genetik kaynaklarının coğrafi bölgelere göre dağılımı (Adıgüzel ve Solmaz, 2023)

Bölgeler	Genetik kaynak
Akdeniz	Tıbbi ve aromatik bitkiler, kapari (<i>Capparis spinosa</i>), nohut (<i>Cicer arietinum</i>)
Doğu Anadolu	Yonca (<i>Medicago</i>), üçgül (<i>Trifolium</i>), fiğ (<i>Vicia</i>)
Ege ve Marmara	Buğday ve akrabaları (<i>Aegilops</i> ve <i>Triticum</i>), nohut (<i>Cicer arietinum</i>), bakla (<i>Vicia faba</i>), ceviz (<i>Juglans regia</i>), fıstık çamı (<i>Pinus pinea</i>), zeytin (<i>Olea europea</i>) ve badem (<i>Amygdalus communis</i>)
Güneydoğu Anadolu	Yabani buğday (<i>Triticum</i> ve <i>Aegilops</i>), mercimek (<i>Lens culinaris</i>), nohut (<i>Cicer arietinum</i>) ve bazı bezelye (<i>Pisum sativum</i>), fiğ (<i>Vicia sativa</i>)
İç Anadolu	Yonca (<i>Medicago sativa</i>) ve ayrı türleri (<i>Agropyron</i> ve <i>Elymus</i>)
Karadeniz	Çam (<i>Pinus</i>), göknar (<i>Abies</i>), ladin (<i>Picea</i>), erik (<i>Prunus domestica</i>), kiraz (<i>Prunus avium</i>), armut (<i>Pyrus communis</i>), güz çiğdemi (<i>Colchicum autumnale</i>)

Türkiye tarımı, son yirmi yılda dolar bazında %94 oranında büyüme kaydetmiştir. Ancak, Türkiye ile kıyaslanan Çin (%477.20), Hindistan (%377.63), Endonezya (%354.27), Tayland (%271.72), Bangladeş (%264.12), Mısır (%218.44), Brezilya (%206.79) ve Malezya (%204.96) gibi ülkelerde bu büyüme oranları daha yüksek gerçekleşmiştir. Bu ülkeler coğrafi büyüklük ve nüfus açısından Türkiye’den farklılık gösterse de, Türk tarımı ABD (%81.11), İspanya (%64.28), Fransa (%48.91), Güney Kore (%42.56) ve İtalya (%24.62) gibi gelişmiş ülkelerin tarım sektörlerine göre daha büyük bir ilerleme kaydetmiştir (Merdan, 2024). 2002-2020 döneminde Türkiye, tarım sektörüne 65 milyar dolardan fazla destek sağlamış, 2021 ve 2022 yıllarındaki kamu

destekleri de eklendiğinde bu rakam 70 milyar dolara ulaşmıştır (Dünya Bankası, 2021). Türkiye'nin, devlet desteği ile tarım sektörünü başarılı bir şekilde yönlendirdiği söylenebilir. Küresel tarım alanlarının %0.8'ine sahip olmasına rağmen Türkiye, dünya tarımsal üretiminin %1.29'undan fazlasını üretmekte, Kazakistan ve Arjantin'e kıyasla daha az tarım toprağına sahip olmasına rağmen daha yüksek ürün elde etmektedir. Uluslararası ticarete, küresel tarım ihracatının %1.57'sini, ithalatın ise %1.14'ünü gerçekleştiren Türkiye, tarım istihdamında %0.39 pay alarak tarımsal üretimdeki etkisini göstermektedir (İstikbal, 2022). Türkiye'nin yüzölçümü 783.562 kilometrekare olup, bunun 9.820 kilometrekaresi akarsu, göl, gölet ve baraj göllerinden oluşmaktadır. Kara alanı ise toplamda 770.760 kilometrekareyi bulmaktadır. Ülkenin arazisi genel olarak dağlık olup, Türkiye topraklarının %55.9'u 1.000 metre üzerindeki rakımlara ve %62.5'i %15'ten daha fazla eğime sahiptir. Türkiye'nin iklimi, hakim rüzgarlar ve deniz etkisinin yanı sıra, kuzey ve güneydeki sıradağların varlığı ile şekillenmektedir. Bu durum, iklim özellikleri ile yeryüzü şekilleri arasında güçlü bir ilişki kurmakta ve farklı coğrafi bölgelerin oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Türkiye'de toplam arazinin %24.5'i birinci, ikinci ve üçüncü sınıf topraklardan oluşurken, bu yüksek kaliteli topraklar içinde tarım arazilerinin payı %90'dır. 2023 TÜİK verilerine göre, Türkiye'deki toplam tarım alanı 38.588 milyon hektar olarak kaydedilmiştir. Bu alanın 20.277 milyon hektarı işlenmekte, 16.745 milyon hektarı ekili alanlardan oluşmakta, 2.814 milyon hektarı ise nadasa bırakılmaktadır. Ayrıca, çayır ve mera arazileri 14.617 milyon hektar olarak kaydedilmiştir (TÜİK, 2023). Türkiye'de 2023 yılı tarım arazilerinin ekiliş alanlarına göre yapılan değerlendirmede, yem bitkileri 27.198 dekar ile tahıllar ve diğer bitkisel ürünler arasında %15.6'lık bir paya sahiptir. Toplam tarla ürünleri üretiminde ise yem bitkilerinin tohumluk olarak payı %5.5 olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2023). Yem bitkilerinin ekim alanları ve yeşil ot üretim miktarları ise Çizelge 4'te yer almaktadır. 2023 yılı TÜİK verilerine göre, toplam yem bitkileri ekim alanı içinde baklagil yem bitkilerinin oranı %39.2, üretim miktarı açısından ise %61.7'dir. Yonca en geniş ekim alanına sahipken, üçgül en az ekim alanına sahip bitkidir. Bu veriler, baklagil yem bitkilerinin Türkiye tarımı açısından ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Ayrıca Türkiye'de baklagil yem bitkilerinin gen kaynakları ise özellikle Doğu

Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde yoğunlaşmaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 2. Türkiye tarım arazileri dağılımı (TÜİK, 2023).

Ürün grubu	Yıllar		
	2021	2022	2023
Ekilen alan (Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler)	16 062	16 529	16 745
Nadas	3 059	2 960	2 814
Sebze	755	718	712
Meyveler, içecek ve baharat	3 591	3 671	3 694
Çayır ve Mera arazisi	14 617	14 617	14 617
Süs bitkileri	5	6	6
Toplam	38 089	38 501	38 588

Çizelge 3. Yıllara göre tarla ürünleri üretim miktarı (Ton) (TOB, 2023)

Ürünler	Yıllar		
	2002	2022	2023
Tahıllar	30.830.650	38.671.839	42.198.659
Kuru Baklagiller	1.500.100	1.308.194	1.308.618
Yumru Bitkiler	21.723.266	24.456.890	29.202.844
Yağlı Tohumlar	1.057.705	3.101.113	2.704.108
Tekstilde Kullanılan	2.542.782	2.750.037	2.100.370
Tıbbi Bitkiler	18.280	45.854	42.941
Yem Bitkileri	298.880	42.236	43.187
Genel Toplam	58.124.519	70.458.413	77.686.237

Çizelge 4. Türkiye’de yem bitkileri üretim alanı (ha) ve üretim miktarı (ton) (TUİK, 2023)

Ürün	Yıllar			
	2022		2023	
	Alan	Miktar	Alan	Miktar
Korunga	1 618 249	1 786 207	1 461 287	1 579 972
Burçak	20 432	12 417	17 755	17 084
Mısır	5 298 522	114 672	5 286 172	90 169
Hayvan pancarı	11 491	56 360	9 946	49 823
Yem şalgamı	49 459	268 890	53 143	317 759
Buğday	168 327	310 966	151 143	337 190
Arpa	292 728	482 665	283 874	537 942
Çavdar	106 546	150 885	121 170	183 491
Bezelye	258 867	475 005	238 399	457 281
Sudan otu	2 424	9 169	3 422	14 232
Fiğ	3 421 760	4 020 433	2 836 285	3 717 866
Üçgül	72	117	57	88
Yonca	6 435 927	19 064 213	6 004 043	18 296 282
Çayır otu	4 955 951	3 683 405	5 937 834	5 345 862
Yulaf	3 607 194	4 649 051	3 494 613	4 517 050
Sorgum	29 205	117 076	37 647	159 830
Tritikale	619 185	1 072 635	650 475	1 256 559
Mürdümük	66 994	55 208	47 920	42 367
İtalyan Çimi	539 944	2 122 105	536 256	2 154 518
Diğer yem bitkileri	16 932	28 424	26 817	29 367
Toplam	27.592.137	38.479.903	27.198.258	39.192.644

Baklagil Yem Bitkilerinin Tarımsal Sürdürülebilirliğe Katkıları

Sürdürülebilir tarım, bitkisel üretimde su, toprak ve diğer doğal kaynaklara zarar vermeden, bu kaynakların gelecek nesillere eksiksiz aktarılmasını ve tarım alanlarından uzun süre faydalanılmasını hedefleyen bir tarım sistemidir (Mousavi ve ark., 2010). Bu sistem, organik gübreleme, ekim nöbeti, birlikte üretim modeli gibi yöntemlerle ürün kalitesini artırmayı ve

yeterli miktarda verim almayı amaçlayan çevre dostu bir yaklaşımdır. Bu bağlamda, baklagil yem bitkilerinin ekim nöbetinde yer alması, yeşil gübre olarak kullanılması ve azot fiksasyonu gibi faydaları, hem çevreye hem de toprağa katkı sağlayarak tarımın sürdürülebilirliğine önemli ölçüde destek olmaktadır. Baklagiller arasında, dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilen ve biçim zamanına bağlı olarak kuru maddede %40 oranında protein içeren yem bitkileri önemli bir yer tutar. Hayvan besleme açısından bu bitkilerin otu ve taneleri, hayvanların büyümesi için gerekli olan elementler, mineral maddeler, vitaminler ve gelişmeyi teşvik eden maddeler açısından oldukça zengindir. Toprak verimliliği açısından ise, bu bitkiler tarla topraklarında bol miktarda kök artığı bırakarak toprağın organik madde yönünden zenginleşmesini sağlarlar. Yonca, korunga, üçgül, fiğ, gazal boynuzu, lüpen (acı bakla), yem bezelyesi ve nohut geveni gibi baklagil yem bitkileri, özellikle ülkemizde yaygın olarak yonca, korunga ve fiğ yetiştirilmektedir (Gül ve Tan, 2013).

a) Ekim Nöbetinde Baklagil Yem Bitkileri

Baklagiller, çiçekli bitkiler arasında üçüncü en büyük familyayı oluşturur ve yaklaşık 800 cins ile 20.000 türü kapsar (Kenicer, 2005). Ancak, bunlardan sadece bazıları tarla tarımı açısından yaygın ekim ve üretim potansiyeline sahiptir. Baklagil bitkileri, toprakların organik madde içeriği, azot ve fosfor elverişliliği gibi çeşitli özelliklerini iyileştirir (Stagnari ve ark., 2017). Bu bitkiler, kendilerinden sonra gelen bitkiler için azot, organik madde ve mikroorganizma içeriği yüksek, iyi drenaj ve havalanma özelliklerine sahip toprak bırakır (Lermi ve Palta, 2018). Baklagil köklerinde C/N oranı 13/1 olup, kökler 1-2 hafta içinde ayrışarak humusa dönüşür. Bu süreç, toprağın organik madde açısından zenginleşmesini sağlarken, humus kanalları oluşturarak yağışların bu kanallarda birikmesine imkan tanır (Akçin, 1988). Kumlu topraklarda yapılan üç yıllık bir çalışmada, tane baklagillerin toprak organik madde içeriğini, yulaf tarımına kıyasla daha fazla artırdığı görülmüştür. Özellikle bezelye, dar yapraklı lüpeneye göre toprak organik madde içeriği üzerinde daha etkili olmuştur (Hajduk ve ark., 2015). Baklagillerin ekim nöbetinde yer alması, toprağın organik madde içeriğini, su tutma kapasitesini ve besin elementleri elverişliliğini artırmanın yanı sıra hastalık, zararlı ve yabancı ot baskısını azaltma gibi birçok yarar sağlar. Bu yararlar, özellikle tahıl ağırlıklı üretim sistemlerinde daha belirgin hale gelir (Preissel ve ark., 2015).

b) Yeşil Gübre Olarak Baklagil Yem Bitkileri

Gelişim süresini tamamlamamış ancak kuruyup sararmamış, tüm aksamıyla yeşil halde bulunan bitkilerin toprağa karıştırılmasına "yeşil gübreleme" denir ve bu amaç için yetiştirilen bitkilere "yeşil gübre bitkileri" adı verilir (Başaran, 2011). Yeşil gübreleme, toprağın organik maddesini ve verimliliğini artırmak için etkili bir tarımsal uygulama olarak kabul edilir (Biruntha ve ark., 2020). Ayrıca, ürünlerin büyümesini ve verimini destekleyici bir rol oynar (Yang ve ark., 2017; Yuan ve ark., 2020). Yeşil gübreler, verimliliği artıran ürünler olarak tanımlanır ve toprağın yararına yetiştirilen ürünler olarak geniş bir anlamda değerlendirilir (Caleb Alexander ve ark., 2022). Yeşil gübreleme, toprağın yapısını iyileştirmek ve bitkisel üretimde verimliliği artırmak amacıyla, baklagil ve/veya baklagil olmayan bitkilerin gelişim dönemlerinde yeşil halde toprağa karıştırılması işlemidir. Bu işlem için yetiştirilen bitkilere yeşil gübre bitkileri denir. Meena ve ark. (2020), yeşil gübrelemeyi; herhangi bir yeşil bitkinin tarlada veya başka bir yerde yetiştirilip toprağa karıştırılmasını veya toprak altına sürülmesini tanımlamışlardır. Yeşil gübreleme amacıyla kullanılacak bitki çeşitliliği geniştir. Bitki seçimi, iklim koşulları, uygulanan ekim sistemi ve yerel alışkanlıklar gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir. Genel olarak, yeşil gübreleme için biyolojik azot fiksasyon kapasitesine sahip baklagil bitkileri tercih edilir. Yeşil gübre olarak kullanılan baklagiller genellikle tek yıllık türlerdir. Ancak, ABD'nin kuzey ve orta bölgelerinde bu amaçla çok yıllık türler de kullanılmaktadır (Shrestha ve ark., 1999). Almanya, İngiltere, Hollanda ve Danimarka gibi ülkelerde acıbakla (*Lupinus spp.*) bitkisi, özellikle kumlu topraklarda yeşil gübrelemede önemli bir rol oynamaktadır (Pieters, 1927). Tropik bölgelerde ise yeşil gübreleme için en önemli baklagiller arasında *Crotalaria juncea*, *Sesbania aculeata* ve *Dolichos uniflorus* yer almaktadır (Pieters, 1927).

c) Azot Fiksasyonu Açısından Baklagil Yem Bitkileri

Baklagiller, hastalıklar, zararlılar ve yabancı otlarla mücadelede, toprak ıslahında önemli yararlar sağlamakla birlikte, azot fikse etme özellikleri sayesinde tarla tarımının vazgeçilmez unsurları haline gelmektedir. Havada bol miktarda bulunan %78 azot, baklagillerin köklerinde bulunan *Rhizobium* bakterileri tarafından fikse edilir, bu da azot döngüsünün önemli bir parçası olmasını sağlar. Baklagiller, yılda tahmini olarak 40-60 milyon ton atmosferik

azotu fikse edebilir ve bu, yaklaşık 10 milyar dolar değerinde gübre kullanımına eşdeğerdir (Yüzbaşıoğlu, 2021). Sylvia ve ark. (2005), doğadaki en önemli biyolojik olayların sıralamasında fotosentezden sonra azot fiksasyonunun ikinci sırada yer aldığını belirtmektedir. Baklagil bitkileri, ihtiyaç duydukları azotun %50-80'ini biyolojik azot fiksasyonu yoluyla sağlar (Dash ve Deole, 2019). Bu özellik, özellikle gelişmekte olan ülkelerde yüksek gübre fiyatları ve çiftçilerin sınırlı gübre kullanımı gibi sorunları hafifletir, ekonomik avantaj sağlar ve azotlu gübre kullanımını azaltarak, kendinden sonra ekilecek bitkilerin verimini olumlu yönde etkiler. Baklagillerin azot fikse etme yeteneği, Rhizobium bakterileriyle simbiyotik bir ilişki içinde gerçekleşir, bu da karşılıklı olarak her iki organizmanın da fayda sağlamasını sağlar (Müftüoğlu ve Demirer, 1998).

Baklagillerin Sera Gazları Emisyonu

Tarla bitkileri üretiminde en çok kullanılan besin elementi azotlu gübrelerdir. Azotun 1 kg'ının yaklaşık 3.15 kg CO₂ emisyonuna neden olduğu, küresel ölçekte kullanılan azot miktarına dayanan hesaplamalara göre, her yıl 300 milyon ton CO₂ salınımı olduğu belirtilmektedir (Jensen ve ark., 2012). Nitröz oksit (N₂O), toplam atmosferik sera gazları içinde %5-6 gibi küçük bir paya sahip olmasına rağmen, CO₂'ye göre çok daha etkili bir sera gazıdır (Crutzen ve ark., 2007). N₂O emisyonlarının, tarımsal ve hayvansal üretimden kaynaklanan emisyonların %60'ını oluşturduğu tahmin edilmektedir (Reay ve ark., 2012). Tarımsal faaliyetlerde, özellikle azotlu gübre uygulamaları nedeniyle, her 100 kg gübre azotunda yaklaşık 1 kg N₂O emisyonu oluşmaktadır (Jensen ve ark., 2012). Nitröz oksidin en büyük kaynağı tarım alanlarındaki denitrifikasyon olaylarıdır (Stagnari ve ark., 2017). Baklagillerin tarıma dahil edilmesi, azotlu gübre ve enerji kullanımını azaltarak sera gazı emisyonlarını düşürebilir. Araştırmalar, baklagil tarımının diğer bitkilere göre 5-7 kat daha az sera gazı emisyonuna neden olduğunu göstermiştir; örneğin, bezelye tarımında emisyon miktarı 69 kg N₂O/ha iken, buğdayda 368 kg N₂O/ha'dır (Jeuffroy ve ark., 2013). Arpadaki N₂O emisyonunun fiğden yüksek olduğu belirtilmiştir (Guardia ve ark., 2016). Baklagillerin sera gazlarını azaltma etkisi, çevre ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Stagnari ve ark., 2017). Örneğin, bakla monokültür olarak yetiştirildiğinde, azotlu gübre uygulanmayan buğdaya kıyasla 3 kat daha fazla

N₂O emisyonu yapılırken, bakla buğdayla karışık olarak yetiştirildiğinde azot uygulanmış buğdaydan %31 daha düşük N₂O emisyonu oluşmaktadır (Senbayram ve ark., 2016). Baklagillerin azot fiksasyonu ile N₂O emisyonu arasında doğrudan bir ilişki bulunmamakta; çünkü baklagil bitki artıklarından gelen organik azot, mikroorganizmalar tarafından hızlıca parçalanır ve mineralize edilir (Jensen ve ark., 2012). Ekim nöbeti ve hayvan beslemede yemlik baklagillerin kullanılması, sera gazı salınımını ve çevre kirliliğini önemli ölçüde azaltabilir (Acar ve ark., 2018).

Hayvancılıkta Baklagil Yem Bitkilerinin Önemi

Türkiye'de hayvancılık sektörü, genel ekonomi içinde önemli bir yere ve büyük bir potansiyele sahiptir. Hayvansal üretim, bitkisel ve yan ürünlerin değerlendirilmesi, işgücü verimliliğinin artırılması, işletme karının yükseltilmesi ve risklerin azaltılması gibi birçok alanda işletmelere olumlu katkılar sağlamaktadır (Turan ve ark., 2017; Vural ve Fidan, 2007). Ülkemiz, doğal kaynaklar ve ekolojik koşullar bakımından büyükbaş ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliği için son derece uygun şartlara sahiptir. İşletmelerin başarısında, kullanılan hayvanların ırkı, yaşı ve verim düzeyi gibi unsurlar büyük rol oynamakta, bu faktörler hem üretim değeri hem de tarımsal gelir üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır (Turan ve ark., 2017). Cumhuriyetin kuruluşundan günümüze kadar Türkiye'nin hayvan varlığı önemli değişiklikler göstermiştir. İlk yıllarda, İkinci Dünya Savaşı'na kadar olan dönemde hayvan sayısında kayda değer bir artış yaşanmış; ancak savaş yıllarında bu artış yavaşlamış, hatta bazı türlerde düşüşler gözlemlenmiştir. Savaş sonrasında ise hayvan varlığı tekrar artışa geçmiş ve birçok türde 1960-1980 yılları arasında en yüksek seviyelere ulaşılmıştır. Ancak 1980'li yıllardan itibaren tüm hayvan türlerinde belirgin bir azalma yaşanmıştır (TİGEM, 2023). Günümüzde Türkiye, 16 milyon 583 bin büyükbaş ve 52 milyon 363 bin küçükbaş olmak üzere toplamda 68 milyon 946 bin hayvan varlığına sahiptir. Bu rakamlar, Türkiye'nin hayvancılık sektöründeki önemli rolünü ve küresel hayvancılık piyasasında dikkate değer bir konuma sahip olduğunu göstermektedir (TUİK, 2023). 1970'li yıllara kadar büyükbaş ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin büyük bir kısmı yerli ırklarla ve mera hayvancılığı şeklinde yapılmıştır. Hayvanlar, kış aylarında kuru ot, saman ve sınırlı kesif yemlerle beslenmiş, diğer zamanlarda ise doğal meralarda otlatılmıştır. 1980'lere kadar Türkiye bu

potansiyeli iyi değerlendirerek hayvan varlığını sürekli artırmıştır. 2000 yılından itibaren devlet destekleri ve teşvikler sayesinde büyük ölçekli hayvancılık tesislerinin sayısında önemli bir artış gerçekleşmiştir (TİGEM, 2023). Günümüzde Türkiye'de 16 milyon 583 bin büyükbaş hayvanın 16 milyon 421 bini sığır, 162 bini ise manda olup, 52 milyon 363 bin küçükbaş hayvanın da 42 milyon 60 bini koyun, 10 milyon 303 bini keçidir (Çizelge 5). Ülkemizin hayvancılık sektörü için kritik bir yem kaynağı olan çayır ve mera alanları 14,6 milyon hektar büyüklüğündedir, ancak aşırı otlatma, erozyon ve iklim değişikliği gibi etkenler nedeniyle bu alanlarda ciddi verim kaybı yaşanmaktadır. Bu durum, kaliteli yem üretimini zorlaştırarak yem maliyetlerinin artmasına ve yerli üretimin hayvancılık sektörünün ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Türkiye'de yıllık yem bitkisi üretimi 67 milyon ton civarında olup, toplam tarım arazilerinin yaklaşık %10'unu kapsasa da, yem açığını kapatmak için ithalata başvurulmaktadır. Yem maliyetlerinin hayvancılık giderlerinin %60-70'ini oluşturması, sorunun aciliyetini ortaya koymaktadır (TOB, 2023). Tarım ve Orman Bakanlığı'nın destekleme programları ve mera ıslah projeleri, yem bitkisi üretimini artırmayı ve mevcut meraların verimliliğini artırmayı hedeflemektedir. Silaj mısır, yonca, korunga ve fiğ gibi başlıca yem kaynaklarına rağmen, hayvan başına düşen kaliteli kaba yem miktarı gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında düşük seviyelerdedir. Bu nedenle, yem bitkisi üretimini artırmak ve mevcut meraları daha verimli kullanmak, Türkiye hayvancılık sektörünün sürdürülebilirliği için büyük önem taşımaktadır (TUİK, 2023; TOB, 2023).

Çizelge 5. Türkiye büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığı (TUİK,2023)

Türkiye Büyükbaş Hayvan Varlığı (1.000 Baş)			
	2021	2022	2023
Sığır	17.851	16.852	16.421
Manda	186	172	162
Toplam	18.037	17.024	16.583
Türkiye Küçükbaş Hayvan Varlığı (1.000 Baş)			
Koyun	45.178	44.688	42.060
Keçi	12.342	11.578	10.303
Toplam	57.520	56.266	52.363

Hayvanların fizyolojik gereksinimleri ve ekonomik getirisi göz önüne alındığında, besin madde içeriği ile yemlerin dengeli olması gerekmektedir. Ancak Türkiye'de kaba yem temininde, hayvanların beslenmesinden ziyade sadece doyumak amacıyla kullanılan ve sindirimi zor olan saman gibi tarla atıkları hâlâ önemli bir yer tutmaktadır (Sabancı, 2009). Bu durum, saman fiyatlarının yükselmesine ve hayvansal verimin düşmesine yol açmaktadır. Sürdürülebilir ve ekonomik işletmelerin kurulabilmesi için, kaliteli kaba yemlerin artması gerekmektedir. Baklagil yem bitkileri, hayvancılıkta yüksek protein içeriği, sindirilebilirlik ve besin değeri açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Özellikle yonca gibi türler, %18-22 oranında ham protein içeriği ile hayvanların protein ihtiyacını verimli bir şekilde karşılayarak büyüme oranını ve süt verimini artırmaktadır (Van Soest, 1994; Khan ve ark., 2015). Ayrıca, baklagil yemlerinin yüksek sindirilebilirlik oranları sayesinde hayvanlar daha fazla besin alımı gerçekleştirirken, enerji kaybı minimuma inmektedir (Akhter ve ark., 2021). Bu durum, hem yem maliyetlerini düşürmekte hem de hayvanların enerji ve protein gereksinimlerini daha hızlı karşılamaktadır. Baklagil bitkileri, aynı zamanda kalsiyum, magnezyum ve diğer önemli mineraller açısından zengin olup, bu özellikleri ile hayvanların kemik sağlığını ve süt verimini olumlu yönde etkilemektedir (Karabulut ve ark., 2007; Undi ve ark., 2016). Enerji içeriğinin yüksek olması da bu yem bitkilerinin hayvancılık işletmelerinde ekonomik sürdürülebilirliği destekleyen bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Tüm bu özellikleriyle, baklagil yem bitkileri, hayvan beslenmesinde buğdaygil yem bitkilerine kıyasla daha üstün bir performans sergileyerek, hayvancılık sektöründe verimliliği artırmakta ve daha sürdürülebilir bir işletme yapısına katkı sağlamaktadır.

Sonuç

Sonuç olarak, Türkiye'de baklagil yem bitkilerinin stratejik önemi, tarımsal sürdürülebilirlik ve hayvancılık sektörünün geleceği açısından büyük bir rol oynamaktadır. Baklagiller, yüksek protein içerikleri ve toprağın nitrojen bağlama kapasiteleri ile tarımda kimyasal gübre kullanımını azaltarak toprak verimliliğini artırır, bu da çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlar. Ayrıca, baklagil yem bitkileri sera gazı emisyonlarını azaltma potansiyeline sahip olup, iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir araçtır. Hayvancılık sektöründe ise, baklagillerin besleyici değerleri, et ve süt verimini artırarak dışa bağımlılığı

azaltır ve yerli üretimi destekler. Türkiye'nin tarım politikalarında baklagil yem bitkilerine daha fazla yer verilmesi, hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli faydalar sağlayacak, tarımsal üretim sistemlerinin daha sürdürülebilir ve verimli hale gelmesine katkıda bulunacaktır. Bu nedenle, baklagil yem bitkilerinin üretiminin artırılması ve tarımsal uygulamaların iyileştirilmesi, hem çevresel sürdürülebilirliği hem de ekonomik kalkınmayı destekleyecektir.

KAYNAKÇA

- Acar, Z., Can, M., Aşçı, Ö. Ö., Gülümser, E., Kaymak, G., & Ayan, İ. (2018). Sera Gazı Salınımı ve Çevre Kirliliğinin Azaltılması Yönünden Yemlik Baklagillerin Önemi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 8(3), 313-317.
- Adıgüzel, P., Solmaz, İ. (2023). Türkiye’de bitki genetik kaynaklarının mevcut durumu ve korunması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 10(3), 352-360.
- Akçın, A. (1988). Yemeklik dane baklagiller. Selçuk Üniversitesi Yayınları, 43, 307-367.
- Akhter, M., Nakahara, K. S., Masuta, C. (2021). Resistance induction based on the understanding of molecular interactions between plant viruses and host plants. *Virology journal*, 18(1), 1-12.
- Alçiçek A, Kılıç A, Ayhan V, Özdoğan M. 2010. Türkiye’de Kaba Yem Üretimi ve Sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi. 11-15 Ocak 2010, Cilt:2, s. 1071-1080, Ankara.
- Başaran, M., (2011). Organik gübreler, gübreleme ve yeşil gübreler, Organik Tarım Eğitim Kitabı, Kayseri, Sayfa:130.
- Biruntha, M., Archana, J., Kavitha, K., Karunai Selvi, B., John Paul, J. A., Balachandar, R., ... & Karmegam, N. (2020). Green synthesis of zinc sulfide nanoparticles using *Abrus precatorius* and its effect on coelomic fluid protein profile and enzymatic activity of the earthworm, *Eudrilus eugeniae*. *Bionanoscience*, 10(1), 149-156.
- Caleb Alexander, G., Mix, L. A., Choudhury, S., Taketa, R., Tomori, C., Mooghali, M., ... & Tasker, K. (2022). The opioid industry documents archive: a living digital repository. *American journal of public health*, 112(8), 1126-1129.
- Crutzen, P.J., Mosier, A.R., Smith, K.A., Winiwarter, W. (2007). N2O release from agrobiofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 7:11191–11205.
- Çeçen, S., Öten, M., Erdurmuş, C. (2005). Batı Akdeniz sahil kuşağında bazı tek yıllık baklagil yem bitkilerinin ikinci ürün olarak

- değerlendirilmesi. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 18(3), 331-336.
- Darnhofer, I., Fairweather, J., Moller, H. (2010). Assessing a farm's sustainability: insights from resilience thinking. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 8 (3):186–198.
- Dash, D., Deole, S. (2019). Review on the Role of Biological Nitrogen Fixation in the Environmental Terms. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(8):2660-2665.
- Douglass, G. K. (1984). The meanings of agricultural sustainability. pp. 3–30. In: Douglass, G. K. (ed.) *Agricultural sustainability in a changing world order*. Westview Press, Boulder, Colorado. Google Scholar OpenURL query.
- Dünya Bankası, (2021). GDP growth (annual %) Türkiye, Data (worldbank.org) <https://data.worldbank.org/indicator> (Erişim tarihi: 13.09.2024)
- FAO, (2022). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/f1b0b29c-en> (Erişim tarihi: 11.09.2024).
- Guardia, G., Tellez-Rio, A., García-Marco, S., Martin-Lammerding, D., Tenorio, J.L., Ibáñez, M.Á., Vallejo, A. (2016). Effect of tillage and crop (cereal versus legume) on greenhouse gas emissions and global warming potential in a nonirrigated Mediterranean field. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 221:187-197.
- Gül, Z. D., Tan, M. (2013). Baklagil Yem Bitkilerinin Silajlık Olarak Kullanılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(2), 189-193.
- Hajduk, E., Właśniewski, S., Szpunar-Krok, E. (2015). Influence of legume crops on content of organic carbon in sandy soil. *Soil Science Journal*, 66:52–56.
- İstikbal, D. (2022). Küresel trendler çerçevesinde Türkiye tarımının gelişimi ve gelecek vizyonu. *Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı Yayınları*, 374, 1-21
- Jensen, K. K., Thomsen, K. (2012). *Elements of KK-theory*. Springer Science & Business Media.

- Jeuffroy, M.H., Baranger, E., Carrouée, B., Chezelles, E.D., Gosme, M., Hénault, C. (2013). Nitrous oxide emissions from crop rotations including wheat, oilseed rape and dry peas. *Biogeosciences*, 10:1787-1797.
- Karabulut, A., Canbolat, O., Kalkan, H., Gurbuzol, F., Sucu, E., Filya, I. (2007). Comparison of in vitro gas production, metabolizable energy, organic matter digestibility and microbial protein production of some legume hays. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20(4), 517-522.
- Karagöz, F.P., Dursun, A., Tekiner, N., Kul, R., Kotan, R. (2019) Glayölde bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde solucan gübresi ve/veya bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin etkinliği. *Süs Bahçe Bitkileri* 25: 180-188.
- Khan, S.H., Khan, A., Litaf, U., Shah, A.S., Khan, M.A. (2015). Effect of Drought Stress on Tomato cv. Bombino. *Journal of Food Processing & Technology*, 6(465), 2.
- Meena, V. D., Dotaniya, M. L., Dotaniya, C. K., Solanki, P., Douthaniya, R. K. (2020). Lead contamination and its dynamics in soil–plant system. *Lead in Plants and the Environment*, 83-98.
- Merdan, K. (2024). Türkiye'nin Tarım Sektörü: Tarımının Dünü, Bugünü ve Yarını. *Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 47-70.
- Mousavi, S.M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., Gilani, S.S. (2010). Trace metals distribution and uptake in soil and rice grown on a 3-year vermicompost amended soil. *African Journal of Biotechnology*. 9(25):3780–3785.
- Müftüoğlu, N. M., & Demirel, T. (1998). Toprakta azot bilançosu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1).
- Noyan, E. (2016). Türkiye'deki tarımsal faaliyetlere uygulanan teşvik politikalarının değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli, Türkiye.
- Özkan, U., Şahin Demirbağ, N. (2016). Türkiyede kaliteli kaba yem kaynaklarının mevcut durumu. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 9(1), 23-27.

- Özyazıcı, M.A. (2023). Baklagil yem bitkilerinde sekonder metabolitlerin tozlaşmadaki etkileri. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 60(3), 539-552.
- Özyazıcı, M. A., Özyazıcı, G. ve Özdemir, O. (2009). Yeşil gübre uygulamalarının mısır-buğday münavebesinde bitkilerin verim ve bazı tarımsal özellikleri üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(1):21-33.
- Palta, Ş., Lermi, A. G. (2018). Bartın ili Kutlubey Demirci köyü merasının bazı özelliklerinin belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2), 352-359.
- Parlak, A., Sevimay, C. S. (2007). Arpa ve buğday hasadından sonra bazı yem bitkilerinin ikinci ürün olarak yetiştirilme imkanları. *Journal of Agricultural Sciences*, 13(02), 101-107.
- Pezikoğlu, F. (2012). Sürdürülebilir tarım ve kırsal kalkınma kavramı içinde tarım-turizm-kırsal alan ilişkisi ve sonuçları. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2012(1), 83-92.
- Pieters, A.J. (1927). *Green Manuring: Principles and Practice*. John Wiley & Sons, Inc. London: Chapman & Hall, Limited, New York.
- Preissel, S., Reckling, M., Schläfke, N., Zander, P. (2015). Magnitude and farneconomic value of grain legume pre-crop benefits in Europe: a review. *Field Crops Research*. 175:64-79.
- Reay, D.S., Davidson, E.A., Smith, K.A., Smith, P., Melillo, J.M, Dentener, F., Crutzen, P.J. (2012). Global agriculture and nitrous oxide emissions. *Nature Climate Change*, 2:410-416.
- Sabancı, C.O. (2009). *Baklagil Yem Bitkileri*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Vakfı. Yay. No. 2. 224 s. Van.
- Sabancı, C.O., Baytekin, H., Balabanlı, C., Acar, Z. (2010). Yem bitkileri üretiminin artırılması olanakları. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi 11-15 Ocak, Ankara s: 343-360
- Saptana, S., Indraningsih, K. S., Hastuti, E. L. (2007). Analisis kelebagaan kemitraan usaha di sentra sentra produksi sayuran (suatu kajian atas kasus kelebagaan kemitraan usaha di Bali, Sumatera Utara, dan Jawa Barat). *SOCA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 7(3), 44050.
- Senbayram, M., Wenthe, C., Lingner, A., Isselstein, J., Steinmann, H., Kaya, C., Köbke, S. (2016). Legume-based mixed intercropping systems may

- lower agricultural born N₂O emissions. *Energy, Sustainability and Society*, 6:2-9.
- Shrestha, A., Hesterman, O.B., Copeland, L.O., Squire, J.M., Fisk, J.W., Sheaffer, C.C., (1999). Annual legumes as green manure and forage crops in winter canola (*Brassica napus* L.) rotations. *Canadian Journal of Plant Science*, 79(1): 19-25.
- Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., Pisante, M. (2017). Multiple Benefits of Legumes for Agriculture Sustainability: An Overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 4: 2.
- Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., Pisante, M. (2017). Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(2):1-13.
- Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P.G., Zuberer, D.A. (2005). Principles and Applications of Soil Microbiology. 2nd Edition. p. 373-404
- Şenkul, Ç., Kaya, S. (2017). Türkiye endemik bitkilerinin coğrafi dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi*, (69), 109-120.
- Tan, A. (2010). Türkiye bitki genetik kaynakları ve muhafazası. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 9-37.
- Tekineli, O. (1984). Türkiye Tarımında Hayvansal Üretim ve Sorunları. Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Konferansları. Urfa, Türkiye.
- TİGEM, (2023). <https://www.tigem.gov.tr/> (Erişim tarihi:08.09.2024).
- TOB, (2023). <https://www.tarimorman.gov.tr/> (Erişim tarihi:08.09.2024).
- Turan, Z. Şanver, D. ve Öztürk, K. (2017). Türkiye'de hayvancılık sektöründen süt nekçlğnn önem ve yurt ç hasılaya katkısı ve de dış ülkelerle karşılaştırılması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*,10(3): 60-74.
- TÜİK, (2023). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111> (Erişim tarihi:12.09.2024).
- Undi, M., Wittenberg, K., McGeough, E. J., Ominski, K. H. (2016). Impact of forage legumes on greenhouse gas output and carbon footprint of meat and milk. *The journal of the International Legume Society*, (12), 26-28.
- Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant (Vol. 476). Cornell University Press.
- Vural, H., Fidan, H. (2007). Türkiye'de Hayvansal Üretim Ve Hayvancılık İşletmelerinin Özellikleri. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 13(1 ve 2), 49-59.

- Yang, A., Zhou, L., Liu, Z., Wu, B., Sun, X., Lv, Z., ... & Du, M. (2017). Changes in hemolymph characteristics of ark shell *Scapharaca broughtonii* dealt with *Vibrio anguillarum* challenge in vivo and various of anticoagulants in vitro. *Fish & shellfish immunology*, 61, 9-15.
- Yolcu, H., Tan, M. (2008). Ülkemiz yem bitkileri tarımına genel bir bakış. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(3), 303-312.
- Yuan, Y., Qiu, T., Wang, T., Zhou, J., Ma, Y., Liu, X., Deng, H. (2020). The application of Temporary Ark Hospitals in controlling COVID-19 spread: The experiences of one Temporary Ark Hospital, Wuhan, China. *Journal of medical virology*, 92(10), 2019-2026.
- Yüzbaşıoğlu, E. (2021). Baklagillerde simbiyotik kök nodül gelişimi. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(1), 1-10.
- Zai, A. E., Horiuchi, T., Matsui, T. (2008). Effects of green manure and compost of pea plant on wheat. *Compost science & utilization*, 16 (4), 275-284.

BÖLÜM 2

BAL ARISI KOLONİLERİNDE VARROA İLE BİYOTEKNOLOJİK MÜCADELE: BAŞARILAR, FIRSATLAR VE ZORLUKLAR

Dr. Berkant İsmail YILDIZ¹

¹ Dr. Berkant İsmail YILDIZ, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Antalya, Türkiye. ORCID: 0000-0001-8965-6361; E-Posta: berkanyildizz@gmail.com

1. GİRİŞ

Bal arısı (*Apis mellifera*), tozlaşma faaliyetleri ile ekosistem fonksiyonlarının sürdürülebilirliğinde merkezi rol oynayan bir türdür. Ekosistem dengesinin korunmasında oynadığı kilit rolün yanı sıra, bal, balmumu, polen, arı sütü ve propolis gibi biyolojik ve ekonomik açıdan değerli ürünlerin üretiminde de önemli bir kaynaktır. Avrupa’da, bal üretiminin 2005 yılındaki ekonomik değeri 140 milyon euro olarak hesaplanmışken, bal arılarının tozlaşma yoluyla bitkisel üretime katkısının yaklaşık 100 kat daha fazla olduğu, yani 14,2 milyar euro düzeyinde olduğu tahmin edilmiştir. Dünya genelinde ise bu katkı, 153 milyar euroyu bulmaktadır (Moritz ve ark., 2010). Bu veriler, bal arısının ekosistem hizmetleri ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından vazgeçilmez bir role sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Ancak, bal arısı kolonilerindeki kayıplar modern arıcılığın önemli ve giderek artan bir sorunu haline gelmiştir (Underwood ve vanEngelsdorp, 2007). Koloni kayıplarının birçok nedeni bulunmaktadır ve bu nedenler arasındaki etkileşimler, sorunun karmaşıklığını artırmaktadır. Zayıf beslenme, ekto ve endoparazitlerin baskısı, bakteriyel ve viral hastalıklar ile sinerjistik pestisit etkileşimleri, bu kayıpların başlıca sebepleri arasında yer almaktadır. Parazitler arasında ise en fazla koloni yıkıcı etkisi olan *Varroa destructor*’dur. *Varroa*, larvaların ve ergin bal arılarının yağ dokusundan ve hemolenfinden beslenen bir obligat ektoparazittir (Oldroyd, 1999; Ramsey ve ark., 2019). *Varroa* akarları, arı larvalarını petek gözleri mühürlenmeden önce istila etmekte ve orada çoğalmaktadır. Daha sonra peteklerden yetişkin arı çıkarken ona tutunan dişi akarlar da birlikte çıkmakta ve başka bir arıya ya da başka bir arı larvasına transfer olmaktadır (Shimanuki ve ark., 1994; Rosenkranz ve ark., 2010). Uygun mücadele yöntemi uygulanmadığında, *Varroa* ile enfekte olmuş koloniler 2-3 yıl içinde çökmektedir (Boecking ve Genersch, 2008; Rosenkranz ve ark., 2010).

Varroa’ya karşı yürütülen mücadelede çok sayıda yöntem var olmasına rağmen, bu parazit arı kolonileri üzerinde hâlâ büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Geleneksel mücadele yöntemleri, kısa vadede etkili olsa da uzun vadeli sonuçlar göz önüne alındığında yetersiz kalmakta ve sürdürülebilir çözümler arayışını zorunlu hale getirmektedir. *Varroa*’ya karşı mücadelede kullanılan yöntemler arasında mekanik araçlar, organik ve kimyasal ilaçlar ile davranışsal yöntemler bulunmaktadır. Bununla birlikte, en yaygın yöntem olan kimyasal

ilaçların arı ürünlerinde kalıntı bırakması ve insan sağlığını tehdit etmesi gibi olumsuz etkileri vardır. Ayrıca sık kullanılan organofosfat kumafos, tau-fluvalinat ve formamidin amitraz gibi kimyasallar, Varroa'nın bu ilaçlara karşı direnç geliştirmesine neden olabilmektedir (Pettis, 2004; Maggi ve ark., 2010). Son yıllarda, kullanılan mücadele yöntemlerinin sınırlamaları ve olası riskleri nedeniyle, arı kolonilerinin sağlığını korumak için daha etkin ve sürdürülebilir potansiyeli olan biyoteknoloji temelli yaklaşımlar öne çıkmaktadır.

Bu çalışma, Varroa ile biyoteknolojik mücadelede bugüne kadar elde edilen başarıları ve mevcut fırsatları değerlendirmenin yanı sıra, bu alandaki temel zorlukları da ele alacaktır. Amaç, biyoteknolojik yaklaşımların bal arısı kolonilerinde Varroa'ya karşı mücadelede nasıl bir çerçeve sunduğunu irdelemek ve bu alandaki gelecekteki çalışmalara ışık tutmaktır.

2. GELENEKSEL MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Varroa, bal arısı kolonilerinin azalmasının en önemli sebeplerinden biri olarak kabul edilmektedir. Dünya genelinde tozlayıcıların azalması, Varroa'nın gelecekteki tozlaşma sorunlarının şiddetlenmesine neden olabilecek bir tehdit oluşturabileceğini göstermektedir. Arıcılar, Varroa popülasyonlarını kontrol altında tutmak amacıyla çeşitli kimyasal ve mekanik mücadele yöntemleri uygulamaktadır. Ancak, kimyasal mücadele yöntemleri, düzenli kullanımları nedeniyle arıcılık maliyetlerini artırmakta ve arı ürünlerinde kimyasal kalıntı ile direnç gelişimi gibi riskler taşımaktadır.

2.1. Kimyasal Mücadele

Varroa ile mücadelede kimyasal yöntemler önemli bir rol oynamaktadır. Çeşitli akarisitler, Varroa'nın kontrolü için kullanılmaktadır ve bu kimyasal maddeler genellikle "varroasit" olarak adlandırılmaktadır (Akyol ve Yeninar, 2009). Sentetik varroasitler arasında organofosfat kumafos, piretroid tau-fluvalinat, flumetrim ve formamidin amitraz gibi kimyasallar öne çıkmaktadır (Milani ve Barbattini, 1988; Ritter, 1988; Milani ve Lob, 1998). Bu kimyasalların uygulanması kolay olmakla birlikte, bal ve diğer arı ürünlerinde kalıntı bırakma riski ve Varroa'nın bu kimyasallara karşı direnç geliştirme eğilimi önemli sorunlar arasındadır (Wallner, 1999; Nasr ve Wallner, 2003; Schroeder ve ark., 2004; Martel ve ark., 2007; Lodesani ve ark., 2008). Ayrıca, piretroidler gibi bazı kimyasallar, çapraz direnç oluşturabilmektedir, bu da

dirençli akar popülasyonlarının yayılma ve sorunları artırma riskini taşımaktadır (Rosenkranz ve ark., 2010).

Organik asitler ve esansiyel yağlar, Varroa ile mücadelede kullanılan diğer bir grup hafif akarisitlerdir. Formik asit, oksalik asit, laktik asit ve timol gibi bileşikler, direnç gelişimini düşürme potansiyeline sahip olmakla birlikte, değişken etkinlikleri ve düşük terapötik indeksleri gibi dezavantajlar taşımaktadır (Rosenkranz ve ark., 2010).

2.2. Mekanik Mücadele

Kimyasal içermeyen mekanik mücadele yöntemleri, Varroa kontrolü için alternatif yaklaşımlar sunmaktadır. Bu yöntemler arasında erkek arı gözü üretiminin sınırlandırılması, işçi arı gözü büyüklüğünün değiştirilmesi, arıların pudra şekeri ile tozlanması, tel kafesli ve çekmeceli taban kullanımı ve polen tuzağı kullanımı gibi uygulamalar bulunmaktadır. Ancak, bu yöntemlerin etkinliği genellikle düşük olup, diğer mücadele teknikleri ile kombinasyon halinde kullanılmalı gerekmektedir. Ayrıca, yüksek iş gücü ve deneyim gereksinimi ile sınırlı sonuç alma süresi, mekanik mücadele yöntemlerinin dezavantajları arasında yer almaktadır (Akyol ve Korkmaz, 2006; Gregorc ve ark., 2022).

2.3. Davranışsal Mücadele

Varroa'ya dirençli bal arısı kolonilerinin ıslahı ve yetiştirilmesi, birçok ülkede yürütülen araştırma projelerinin ve gruplarının başlıca hedeflerinden biri olmuştur (Rosenkranz ve ark., 2010). Küresel ölçekte yaşanan kayıplara rağmen, bazı bal arısı ırklarının herhangi bir müdahale olmaksızın kolonilerini sürdürebildiği gözlemlenmiştir. Bu ırkların, doğal seleksiyon yoluyla edindikleri belirli fizyolojik özellikler sayesinde, hastalıklara ve parazitlere karşı çeşitli davranışsal direnç mekanizmaları geliştirdikleri rapor edilmiştir (Fries ve ark., 2006; Le Conte ve ark., 2007; 2010; Seeley, 2007). Davranışsal direnç genel olarak iki ana başlıkta incelenir: tımar davranışı ve hijyenik davranış. Bal arılarında en yaygın bilinen davranışsal direnç mekanizması hijyenik davranıştır. Bu davranış, ilk olarak Park (1937) tarafından tanımlanmış olup, çeşitli hastalıklara ve Varroa akarına karşı etkili bir savunma mekanizması olduğu gösterilmiştir (Laidlaw ve Page, 1997).

Hijyenik davranış, işçi arıların ölü veya enfekte olmuş yavruları tespit ederek koloniden uzaklaştırması olarak tanımlanır (Rothenbuhler, 1964a, b).

Bu davranış, çok sayıda genetik lokus tarafından kontrol edilen kalıtsal bir özelliktir (Jones ve Rothenbuhler, 1964; Momot ve Rothenbuhler, 1971; Rothenbuhler, 1964a, b; Wilson-Rich ve ark., 2009). Araştırmacılar, hijyenik davranışın ıslah edildiği bal arısı kolonilerinde *Varroa* yükünün azaldığını ve bu alandaki ıslah çalışmalarının hızla yaygınlaştığını rapor etmişlerdir (Büchler ve ark., 2010; Rinderer ve ark., 2010; Sumpter ve Martin, 2004). Hijyenik davranış gösteren arı kolonilerinde, *Varroa* ile bulaşık olan arılar kapalı gözlerden çıkarılarak uzaklaştırılmaktadır (*Varroa* duyarlı hijyen (VSH)); böylece *Varroa* istila oranı sınırlanarak, akarların üreme başarısı azaltılmaktadır (Harbo ve Harris, 2009). Davranışın koloni performansına olumsuz etkisinin olmadığı ve bal üretimini artırdığı da bildirilmiştir (Spivak ve Reuter, 1998). Doğada oldukça az miktarda koloninin ($\%10 \leq$) hijyenik davranış gösterdiği ve doğal yollarla enfekte olmuş kovanlardaki hijyenik davranış hakkındaki verinin çok az olduğu bildirilmektedir (Spivak ve Gilliam, 1998). Meksika'da, Afrika bal arısında (*Apis mellifera scutellata*) doğal yollarla bulaşmış yavruları $\%32$ oranında uzaklaştırırken aynı koşullarda Avrupa arıları (*Apis mellifera*) $\%8$ oranında uzaklaştırmıştır (Vandame ve ark., 1996). Tunus'daki *A. mellifera intermissa* arıları doğal yollarla bulaşmış kuluçka hücrelerini $\%15,5$ oranında uzaklaştırırken, *A. mellifera carnica* kolonileri $\%16,6$ oranında uzaklaştırmıştır (Boecking ve Drescher, 1992). Ayrıca, Avusturalya arılarının $\%20$ 'sinin hijyenik davranış gösterdiği bildirilmiştir (Oxley ve ark., 2008). Konuyla ilgili doğal yollarla elde edilen veriler yetersiz olduğundan, araştırmacılar *Varroa*'ya karşı toleransın prensiplerini çözmek için son yıllarda değişik denemeler gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalar genellikle yapay yollarla hastalık veya parazit bulaştırılmış veya öldürülmüş yavruların bulunduğu kovanlarda yapılmıştır. Yapılan bir çalışmada, hijyenik davranış bakımından herhangi bir seleksiyona tabi tutulmamış 76 kolonide, her bir gözde yaşayan bir akar ile deneysel olarak bulaştırılmış yavruların uzaklaştırılma oranı ortalaması $23,5 \pm 18,2$ olarak bulunmuştur. Bu kolonilerin sadece $\%9,2$ 'si $\%50$ 'den fazla bulaşık yavruları uzaklaştırmıştır (Boecking ve Drescher, 1998).

Tımar davranışı nispeten basittir ve yetişkin arıların dış yüzeylerindeki yetişkin akarların uzaklaştırılmasını ve etkisiz hale getirilmesini içermektedir (Pritchard, 2016). Bal arılarında davranışsal direnç mekanizmalarından diğeri olan tımar davranışı, omurgalılar ve eklembacaklılar arasında ektoparazitlerden kurtulmak için yaygın görülen bir stratejidir. Bu davranış hem birey hem de

koloni sağlığını korumak için evrimleşmiştir (De Figueiró Santos ve ark., 2016). Tımar davranışı, oto-tımar ve allo-tımar olarak iki farklı şekilde adlandırılmaktadır. Oto-tımar, ağız parçalarının veya pro-/mezotorasik bacakların hareketi ile kendi kendini temizleme davranışdır. Allo-tımar ise bire bir veya sosyal olarak birlikte hareket eden birkaç arının birbirini tımarlaması şeklinde gerçekleşmektedir. Tımar davranışının akar düzeylerindeki düşüşle ilişkili olduğu gösterilmiştir. Andino ve Hunt (2011), laboratuvarında yapılan tımar analizlerinde arıların temizlediği akarların oranı ile kovan altlarına konan yapışkan levhalardaki hasarlı Varroa oranı arasında bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda tımar davranışının yüksek olduğu kolonilerin kovanlarının altında bulunan yapışkan levhada yüksek etkisiz hale getirilmiş akar olduğunu göstermişlerdir. Daha yüksek seviyede tımar davranışı yapan kolonilerde ise akarların ısırılarak etkisiz hale getirildiği bildirilmiştir (Arechavaleta-Velasco ve Guzmán-Novoa, 2001). Rosenkranz ve ark. (1997), İtalyan (*Apis mellifera ligustica*) ve Karniyol (*Apis mellifera carnica*) arılarında yapmış oldukları tımar davranışı çalışmasında ortalama %45 akar hasarı oranı kaydederken, Afrika bal arısında (*Apis mellifera scutellata*) %38,5 oranında akar hasarı kaydetmiştir. Aumeier (2001), yapay olarak istila edilmiş Karniyol arılarının (*Apis mellifera carnica*) % 66'sının ilk 30 saniye içinde vücutlarındaki akarların varlığına tepki verdiğini bildirmiştir. Bak ve Wilde (2015), yapay olarak istila edilmiş arılarda Kafkas arılarının (*Apis mellifera caucasica*) tımar davranışı göstererek %86'sının akarlardan kurtulmaya çalıştığını bildirmişlerdir. van Alphen ve Fernhout (2020), İtalyan ırkının (*Apis mellifera ligustica*) ortalama %5,75 akar hasarı gösterdiğini bildirmiştir. Yıldız ve Karabağ (2022), farklı ırklar üzerinde yapmış oldukları çalışmada en yüksek tımar davranışı gösteren ırkın İtalyan arısı (*Apis mellifera ligustica*) olduğunu ve test edilen bireylerin %65 oranında tımar davranışı gösterdiğini bildirmişlerdir.

Tımar davranışı ve hijyenik davranış, bal arısı kolonilerinde Varroa mücadelesinde önemli rol oynamaktadır. Tımar davranışı, arıların kendi vücutlarını ve kolonilerini temizleme eğilimlerini artırarak Varroa parazitlerinin etkilerini azaltabilir. Aynı şekilde, hijyenik davranışlar, arıların hastalıkları ve parazitleri erken aşamada tespit etme ve temizleme yeteneklerini geliştirir. Ancak, bu davranışsal stratejiler çoğu zaman Varroa parazitlerinin kolonideki yoğunluğunu kontrol altına almak için tek başına yeterli

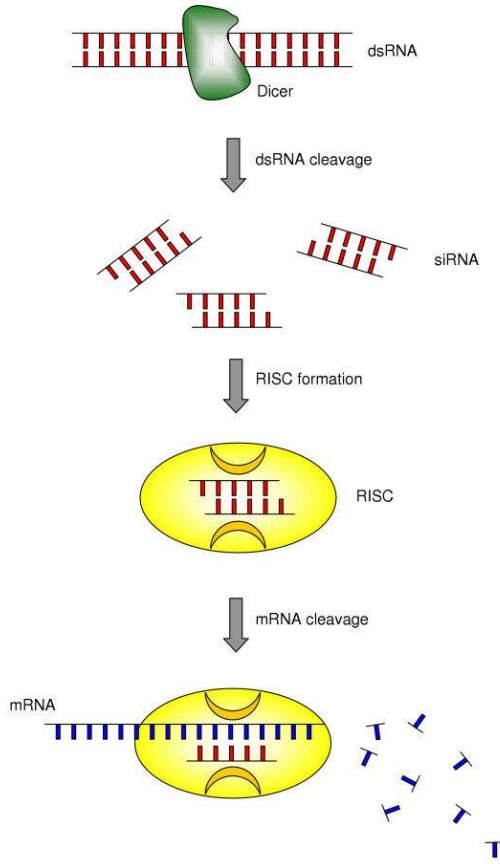
olamamaktadır. Tımar ve hijyenik davranışlar, belirli bir dereceye kadar parazitlerin yayılmasını sınırlayabilir, fakat bu yöntemlerin etkinliği, koloninin genel sağlığı, parazit yükü ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla, bu stratejiler genellikle diğer biyoteknolojik veya kimyasal mücadele yöntemleri ile kombine edildiğinde daha etkili sonuçlar elde edilebilecektir. Bu nedenle, tımar ve hijyenik davranışların Varroa yönetiminde sınırlı bir rol oynadığını ve geniş çaplı bir mücadele stratejisinin parçası olarak düşünülmesi gerektiğini vurgulamak önemlidir.

3. VARROA'YA KARŞI BİYOTEKNOLOJİK MÜCADELE

Geleneksel mücadele yöntemleri, bu parazitin kontrolünde sınırlı etkinlik ya da çeşitli olumsuz etkiler göstermektedir. Bu nedenle, Varroa'nın etkili bir şekilde yönetilmesi için alternatif stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır. Biyoteknolojik yaklaşımlar, bu alanda umut vadeden çözümler sunmaktadır. Genetik modifikasyonlar ve diğer ileri teknolojiler kullanarak daha hedeflenmiş ve sürdürülebilir müdahaleler sağlamayı amaçlayan biyoteknolojik yöntemler, Varroa'nın kontrolünde önemli bir rol oynayabilir. Bu bağlamda, RNA interferansı (RNAi) ve Düzenli Aralıklarla Bölünmüş Palindromik Tekrar Kümeleri (CRISPR) gen düzenleme teknolojileri gibi yenilikçi biyoteknolojik araçlar, parazitin biyolojik süreçlerini doğrudan ya da dolaylı olarak hedef alarak mevcut mücadele stratejilerine önemli katkılar sunmaktadır.

3.1. RNAi Temelli Mücadele

RNAi, gen ekspresyonunu düzenlemek ve genleri susturmak için kullanılan önemli bir post-transkripsiyonel mekanizmadır. Bu süreç, çift sarmallı RNA (dsRNA) moleküllerinin hücre içine girmesiyle başlamaktadır. dsRNA, hücre içinde kısa RNA parçalarına, yani küçük interferans RNA (siRNA) veya mikroRNA (miRNA) moleküllerine ayrılmaktadır. Bu küçük RNA molekülleri, hedef mRNA moleküllerine bağlanarak, onların translasyonunu engeller veya mRNA'nın parçalanmasına neden olur (Fire ve ark., 1998) (Şekil 1).



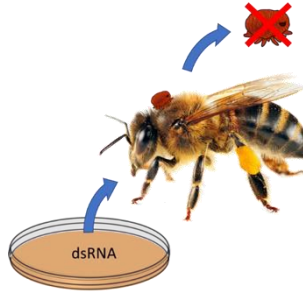
Şekil 1: RNAi mekanizmasının temel aşamaları (Mocellin ve Provenzano, 2004)

İlk olarak Fire ve ark. (1998), saflaştırılmış dsRNA'yı doğrudan *Caenorhabditis elegans*'a uygulayarak gen susturmanın biyokimyasal süreçlerini net bir şekilde açıklamıştır. Campbell ve ark. (2010), Varroa'da RNAi'nin uygulanabilirliğini mu-sınıfı glutatyon S-transferaz genini (VdGST-mu1) kullanarak göstermişlerdir. Bu çalışmada, VdGST-mu1 geninin baskılanması, dsRNA enjeksiyonundan 48 saat sonra gerçekleşmiş ve en az 72 saate kadar devam etmiştir. Enjeksiyon yönteminin yüksek mortaliteye yol açması nedeniyle, dsRNA'nın Varroa'ya aktarımı için alternatif yöntemler de denenmiştir. Topikal uygulama sırasında dsRNA'nın kütikülü geçememesi nedeniyle başarılı olamamıştır. Ancak, dsRNA solüsyonuna daldırma yöntemi, uygulama sırasında oluşan akar hasarlarını en aza indirerek gen susturmada

başarılı olmuştur. Başka bir çalışmada Campbell ve ark. (2016), potansiyel akar kontrolü için B tipi allatostatin geni ve bir kabuklu hiperglisemik hormon (CHH) benzeri nöral genin hedeflenebileceğini göstermişlerdir. Enjeksiyon travmasını önlemek amacıyla yine daldırma yöntemi kullanılmıştır. Allatostatin ve CHH benzeri genlerin dsRNA ile susturulması, Varroa üzerinde sırasıyla %85 ve %55 ölüm oranları ile sonuçlanmıştır. Varroa ile mücadelede RNAi teknolojisinin potansiyelini araştıran Huang ve ark. (2017), Varroa ile mücadelede RNAi'nin potansiyelini araştırarak, Varroa'nın yaşamsal fonksiyonları ve üremesi üzerinde etkili olan çeşitli genlerin susturulmasının parazit üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Mikro enjeksiyon yöntemi kullanarak Da (daughterless) ve Pros26S (gene for proteasome 26S subunit adenosine triphosphatase) genlerinin susturulması sonucu Varroa akarlarında yüksek mortalite gözlemlenmiştir. Ayrıca, Ribozomal Protein L8 (RpL8), Ribozomal Protein L11 (RpL11) ve Ribozomal Protein L13 (RpS13) genlerinin susturulması, Varroa'nın hayatta kalmasını etkilememekle birlikte, yavru sayısını azaltmış ve bu genlerin Varroa'nın üremesini baskıladığı belirtilmiştir. 2024 yılında yapılan bir çalışmada McGruddy ve ark. (2024a), dsRNA teknolojisi ile üretilen ve Varroa'daki kalmodulin genini susturmak için tasarlanmış vadescana adlı pestisitinin etkisini araştırmışlardır. Ürünün akarların hayatta kalması üzerinde hiçbir etkisinin görülmediği, ancak doza bağlı olmaksızın kolonilerde akarların doğurganlığının önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir. Başka bir çalışmada Varroa akarının tükürük bezi transkriptomunu karakterize etmişler ve akar tükürüğünün, varsayılan anti-bakteriyel, anti-fungal, sitolitik, sindirim ve bağışıklık baskılayıcı işlevi olan birkaç proteini içeren bir yapıya sahip olduğunu bulmuşlardır (Becchimanzi ve ark., 2024). Akarlar kitin bağlayıcı protein transkriptlerini hedefleyen dsRNA solüsyonlarına batırıldığında, dsGFP ile tedavi edilen kontrollerle karşılaştırıldığında hayatta kalma oranının %50-60'a kadar düştüğü bildirilmiştir.

RNAi'nin bitkilerden böceklerle ve nematodlara aktarılması, Steeves ve ark. (2006) ve Baum ve ark. (2007) tarafından başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, susturma sinyallerinin dikey transgenerasyonel aktarımı gibi stratejilerle çeşitli hastalık ve zararlılarla etkili bir mücadele sağlanmıştır (Rechavi ve ark., 2011). Bu uygulamalar, bal arılarında beslenme yoluyla alınan ve sistemik olarak yayılan dsRNA'nın etkisini gösteren Hunter

ve ark. (2010) tarafından desteklenmiştir. Bu bulgular, bal arılarından Varroa'ya yatay olarak dsRNA'nın aktarılabilmesi ve arıların RNAi vektörleri olarak kullanılabilmesi düşüncesini ortaya çıkarmıştır. Garbian ve ark. (2012), arılar tarafından beslenme yoluyla alınan dsRNA'nın Varroa akarına ve akarın konucusuna aktarıldığını göstermişlerdir. Bu türler arası dsRNA değişimi, arı ve Varroa arasındaki etkileşimi kullanarak Varroa'nın yaşamsal genlerini hedef alarak gen susturulmasına olanak tanımış ve akar popülasyonunda %60'ın üzerinde bir azalma sağlamıştır. Arazi koşullarında gerçekleştirilen dsRNA stabilitesi çalışmalarında, dsRNA'nın şekerli su solüsyonunda 6 güne kadar dayanabildiği bildirilmiştir. Bu bulgular, RNAi ile Varroa mücadelesine yönelik yeni ve etkili bir yaklaşım sunmaktadır (Şekil 2).

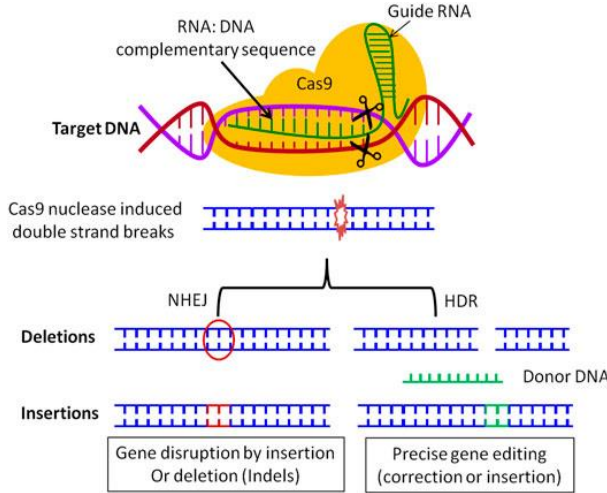


Şekil 2: Varroa'nın yaşamsal genlerini hedef alan dsRNA'nın beslenme yoluyla bal arısı hemolenfine geçmesi ve Varroa'nın ölümü

Farklı bir bakış açısı olarak Cedeño ve ark. (2015), bakteriyel olarak eksprese edilen dsRNA'ları arılara bakteriler ile beslenme yoluyla vererek, RNA saflaştırmasına gerek duyulmadan arılarda ve Varroa dokularında dsRNA üretilmesi ve aktarılması için verimli bir *in vivo* alternatif sunduğunu göstermişlerdir. Bu stratejinin sadece hastalık ve zararlıları kontrol etmek için değil aynı zamanda gen susturulması ile arılardaki fonksiyonel çalışmalar için de kullanılabilmesini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada Muntaabski ve ark. (2022) yine bakteriyel olarak eksprese edilen dsRNA'larla Varroa'da gen susturulmasını indüklemeyi amaçlamışlar ve hem bal arılarının hem de akarların hayatta kalması üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. dsRNA'nın akarlarda gen susturulmasına neden olduğunu ve hedef genlerin ifade seviyelerini %50 oranında azaltıldığı ortaya çıkarılmıştır. dsRNA ile beslenen arıların ise kontrol grubuna göre sağ kalım bakımından fark göstermediği bildirilmiştir.

3.2. CRISPR Temelli Mücadele

Günümüzde kullanılan en ileri moleküler tekniklerden biri, genom düzenleme alanında devrim yaratan CRISPR-Cas9 (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats-CRISPR-associated nuclease 9: düzenli aralıklarla bölünmüş palindromik tekrar kümeleri-CRISPR ilişkili nükleaz 9) sistemidir. CRISPR-Cas9, Cas9 nükleaz ve özelleştirilebilir tek rehberli RNA'dan (sgRNA) oluşan bir RNA aracılı DNA endonükleaz sistemidir. Bu sistemde, sgRNA, protospacer bitişik motifine (PAM: Protospacer Adjacent Motif) yakın olan hedef diziyi tanıyacak şekilde 18-20 nükleotidlik bir dizilim ile programlanabilmektedir (Tian ve ark., 2017). sgRNA'nın rehberliğinde hareket eden Cas9-sgRNA kompleksi, genom boyunca arayarak hedef diziyi ulaşmakta ve PAM bölgesinin yaklaşık 3 baz çifti yukarısında küt uçlu bir çift iplikli kırılma oluşturmaktadır (Jinek ve ark., 2012). Sonrasında gerçekleşen DNA onarımı, homolog olmayan uç birleştirme veya homolog rekombinasyon mekanizmalarına dayanmaktadır (Symington ve Gautier, 2011). Bu süreç, hedef genin susturulması (knockout) veya istenilen mutasyonun eklenmesi ile sonuçlanabilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3: CRISPR mekanizmasının temel aşamaları (Abdelnour ve ark., 2021)

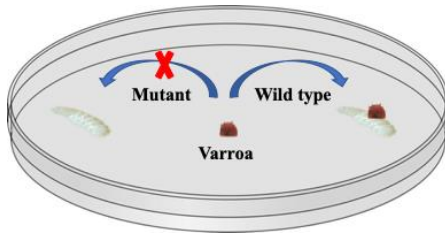
Bal arılarında CRISPR-Cas9 çalışması ilk kez 2016 yılında Takeo Kubo grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. Kohno ve ark. (2016), in vivo gen fonksiyon analizi gerçekleştirmek için bal arılarında temel bir genom düzenleme tekniği oluşturmuşlardır. Araştırmacılar protokolün

uygulanabilirliğini test etmek için, bal arısı gelişimini etkileme ihtimali düşük olan bir gen hedeflemişlerdir. Major royal jelly protein 1 (mrjp1) genini CRISPR-Cas9 ile başarı ile susturan (nakavt) araştırmacılar en azından pupa aşamasına kadar normal erkek arı gelişimi için bu genin vazgeçilmez olduğunu bildirmişlerdir. Aynı grup başka bir çalışmada, erkek arılarda middle-type Kenyon cell-preferential arrestin-related protein (mKast) genini CRISPR-Cas9 yaklaşımıyla devre dışı bırakmışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda, mKast geninin erkek arılarda normal gelişim ve cinsel olgunlaşma için vazgeçilmez olduğunu bildirmişlerdir (Kohno ve Kubo, 2018). Hu ve ark. (2019), Mrjp1 genini ve gelişim süreçlerinde yer alan bir transkripsiyon faktörü olan Pax6 genini hedefledikleri çalışmalarında, CRISPR-Cas9 gen düzenleme verimliliğini %70'in üzerine çıkarmayı başarmışlardır. CRISPR ile indüklenen ilk morfolojik mutant işçi arıların üretildiği bir çalışmada (Roth ve ark. 2019), boyut polifenizmini yönlendiren tek faktörün beslenme olup olmadığını ve cinsiyet belirleme yolağından daha fazla genetik talimat gerekip gerekmediğini CRISPR-Cas9 kullanarak araştırmışlardır. CRISPR-Cas9 yoluyla indüklenen mutantların, beslenmeye verdikleri yanıtın, feminizer (fem) geni tarafından etkinleştirilen bir genetik programa dayandığını bildirmişlerdir. Sinakevitch ve ark. (2020) yaptıkları bir çalışmada bal arılarında böcek GABAA reseptörü alt birimi dieldrine direnç (RDL) ve metabotropik glutamat reseptörü mGlutR1'e (mGluRA) karşı geliştirilen antikörlerin özgünlüğünü kontrol etmek amacıyla CRISPR-Cas9 kullanmışlardır. Bu amaçla; RDL ve mGlutR1 genleri, CRISPR-Cas9'un ocellar sistem yoluyla yetişkin bal arılarının beyne enjekte edilmesiyle devre dışı bırakılmıştır. Reseptörlerin dağılımı, enjeksiyondan 48 saat sonra bal arısı beyinlerinde analiz edilmiştir. Her ikisi için de mGlutR1 CRISPR-Cas9 veya RDL CRISPR-Cas9 alımı başarılı olduğunda, karşılık gelen antikör boyama seviyesinde önemli ölçüde azalma görülmüştür. Bu da yetişkin arılarda nakavt prosedürünün başarılı olduğunu göstermiştir. Yakın zamandaki CRISPR çalışmalarının hedefleri duyuşal reseptör genleri olmuştur. Değirmenci ve ark. (2020), CRISPR-Cas9 kullanarak bal arılarında elde edilen anlamsız (nonsense) mutasyonlarla ölçülebilir bir davranış değişikliği gerçekleştirmişlerdir. Bal arılarının, temel karbonhidrat kaynağı olan nektarların ana bileşenlerini sakkaroz, glikoz ve früktoz oluşturmaktadır. Bal arıları bu şekerleri algılayabilen (*Apis mellifera* gustatory receptor 1 (AmGr1), *Apis mellifera* gustatory receptor 2 (AmGr2) ve *Apis mellifera* gustatory

receptor 3 (AmGr3)) üç farklı reseptör eksprese etmektedir. Araştırmacılar, işçi yumurtalarında CRISPR-Cas9 aracılığıyla, AmGr3 geninde anlamsız mutasyonlar oluşturduğunda, ortaya çıkan mutantlar, fruktoza karşı yanıt kaybı göstermiştir fakat sükroza karşı tepkileri normal olmuştur. Chen ve ark. (2021), odorant receptor co-receptor (orco) mutasyonlarının, sosyal davranış ve kimyasal iletişim için model organizma olan bal arısı beyнинin gelişimini etkileyip etkilemediğini araştırmışlardır. CRISPR ile düzenlenmiş mutant arıların, yabancı tip arılara kıyasla anten lobunda önemli ölçüde daha az glomerül içermekte olduğunu ancak her glomerül hacminin ortalama olarak daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir. RNA-Dizileme (RNA-Seq), orco geninin susturulmasının aynı zamanda sinirsel gelişimle ilgili genler ve koku reseptör genleri dahil olmak üzere antende yüzlerce genin farklı ifadesine neden olduğunu ve böylece kokuya özgü bir nakavt gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. 2021 yılında ilk kez, gözle ayırt edilebilen homozigot mutant erkek arılar Nie ve ark. (2021) tarafından üretilmiştir. Bu çalışmada bal arılarında Amyellow-y geninin pigmentasyondaki fonksiyonel rolünü anlamak için CRISPR-Cas9 teknolojisini kullanarak bu gen üzerinde nakavt gerçekleştirmişlerdir. Düzenlenmiş mozaik işçi ve mutant erkek arıların kütüklerinde siyah pigmentin azaldığını bildirmişlerdir. Geng (2022), CRISPR-Cas9 ve görsel koşullandırma deneylerinin bir kombinasyonu yoluyla bal arısındaki opsin genlerinin işlevlerini araştırmıştır. CRISPR-Cas9 aracılığıyla *Apis mellifera* lipoprotein 1 ve 2 (Amlop1 ve Amlop2) yetişkin mutant arıları başarıyla oluşturmuştur. Mutant arıları, elektrik şoku cezasına dayalı olarak mavi ışığa doğru fototaksiyi engellemeyi öğrendikleri bir şartlandırma protokolü kullanarak test etmiştir. Amlop2 mutantları, mavi ışığa fototaksiyi engellemeyi öğrenirken, Amlop1 mutantları bunu başaramamıştır.

Bal arılarında; mrjp1, mKast, pax6, fem, Rdl, mGlutR1, Amgr3, orco, Amyellow-y, Amlop1 ve Amlop2 dahil birçok gen, CRISPR-Cas9 teknolojisi kullanılarak susturulmuş ve bu teknolojinin gen fonksiyonlarının incelenmesi için uygun olduğu gösterilmiştir. Ancak, 2023 yılına kadar Varroa ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. 2023 yılında Yıldız (2023), CRISPR-Cas9 teknolojisi aracılığıyla Varroa'nın konukçu tercihiinde etkili olduğu düşünülen juvenil hormon (JH) asit O-metiltransferaz genini nakavt ederek Varroa ile bal arısı arasındaki moleküler ilişkisi aydınlatmaya çalışmış ve Varroa'ya karşı mücadelede CRISPR-Cas9 aracılığıyla yeni bir çözüm önerisi geliştirmiştir.

Varroa'nın konukçu tercihi ile ilgili mevcut sadece birkaç çalışma bulunmakla birlikte elde edilen biyokimyasal ipuçları çözüm noktasında önemli bir potansiyel olduğunu göstermektedir. Konukçu tercihi, hem kütikular hidrokarbonlar gibi düşük uçuculukta bileşiklere hem de bal arıları tarafından yayılan uçucu bileşikler olan feromonlara dayanmaktadır (Eliash ve ark. 2014). İletişimlerinin en büyük kısmını feromonlarla sağlayan bu sosyal böcekler, kovadaki hiyerarşik ilişkileri de yine bu kimyasallarla belirlemektedir (Bortolotti ve Costa 2014). Bu bilgiler, bal arılarında feromon olarak davranabilen uçucu bileşik metil farnesoat (MF) üretiminde görevli ve JH yolağının son aşamasında bulunan JHAMT geninin Varroa'nın konukçu tercihinde etkili bir dinamik olabileceğini akıllara getirmiştir. JHAMT, böceklerde JH biyosentez yolağının son aşamasında JH asitlerini veya JH'lerin aktif olmayan öncüllerini aktif JH'lere dönüştüren bir enzimdir (Shinoda ve Itoyama 2003). JHAMT, metil farnesoat epoksidaz (MFE) tarafından JH'ye dönüştürülen metil farnesoat (MF) üretmek için S-adenozil-L-metiyoninden farnesoik asitlerin karboksil grubuna bir metil grubu aktarmaktadır (Niwa ve ark. 2008; Bomtorin ve ark. 2014). Ayrıca, daha yüksek JHAMT ifadesinin ise Varroa'yı gözlere çekebileceği bildirilmiştir (Aurori ve ark. 2021). Literatür ile uyumlu şekilde, Yıldız (2023) hem in vitro ($p=0,002$) hem de in vivo ($p=0,037$) denemelerde Varroa'nın JHAMT nakavt mutant larvaları yüksek oranda tercih etmediğini bildirmiştir (Şekil 4).



Şekil 4: Varroa'nın mutant ve yabani tip larvaları ile in vitro tercih testi

4. BİYOTEKNOLOJİK YÖNTEMLERDEKİ ZORLUKLAR VE KARŞILAŞILAN SORUNLAR

4.1. Yöntemlerin Etkinliği ve Güvenilirliği

- **Etkinlik sorunları:** Biyoteknolojik yöntemler, çeşitli koşullarda farklı derecelerde etkinlik gösterebilir. Örneğin, RNAi ve özellikle bu konuda çok yeni olan CRISPR teknolojisi belirli Varroa popülasyonları üzerinde başarılı olabilirken, diğerlerinde beklenen etkiyi göstermeyebilir (Hu ve ark., 2019; Yıldız, 2023).
- **Güvenilirlik:** Biyoteknolojik yaklaşımların güvenilirliği, uygulama sırasında istenmeyen yan etkilerin ortaya çıkmaması için dikkatle değerlendirilmelidir. Özellikle genetik müdahalelerin arıların sağlığı üzerindeki uzun vadeli etkileri konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Garbian ve ark., 2012; Kohno ve ark., 2016; McGruddy ve ark., 2024b).

4.2. Teknolojik ve Uygulama Zorlukları

- **Teknolojik zorluklar:** Biyoteknolojik yöntemlerin laboratuvar ortamından saha uygulamalarına geçişinde karşılaşılan teknolojik engeller, bu yöntemlerin yaygınlaştırılmasını zorlaştırabilir. Örneğin, CRISPR/Cas9 gibi genetik mühendislik teknolojilerinin geniş çapta uygulanabilirliği henüz sınırlıdır (Garbian ve ark., 2012; Huang ve ark., 2017; Yıldız, 2023).
- **Uygulama zorlukları:** Uygulama sırasında yaşanan zorluklar, biyoteknolojik çözümlerin arı popülasyonlarına entegre edilmesini engelleyebilir. Bu zorluklar, teknik bilgi eksikliği, maliyetler ve uygulama altyapısının yetersizliği gibi faktörleri içerebilir (Garbian ve ark., 2012; Hu ve ark., 2019; Yıldız, 2023).

4.3. Biyolojik Riskler ve Etkileşimler

- **Yan etkiler ve riskler:** Biyoteknolojik yöntemler hem arıların hem de çevrenin sağlığı üzerinde beklenmeyen yan etkilere neden olabilir. Örneğin, genetik modifikasyonlar, ekosistem dengesini bozabilecek

potansiyel riskler taşıyabilir (Garbian ve ark., 2012; Kohno ve ark., 2016).

- **Biyolojik etkileşimler:** Varroa ile mücadelede kullanılan biyoteknolojik yöntemlerin diğer böcek türleri ve ekosistem bileşenleri ile etkileşimleri dikkatle değerlendirilmelidir. Bu etkileşimler, ekosistem dengesini etkileyebilir ve olumsuz sonuçlara yol açabilir (Garbian ve ark., 2012; McGruddy ve ark., 2024b).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Genel Değerlendirme

- **Biyoteknolojik yöntemlerin önemi:** Biyoteknolojik yaklaşımlar, Varroa ile mücadelede önemli bir potansiyele ve sürdürülebilir çözümler sunma kapasitesine sahiptir. Genetik modifikasyonlar ve moleküler biyoloji teknikleri Varroa'nın kontrol altında tutulmasına yardımcı olabilir.
- **Başarılar ve kısıtlamalar:** Elde edilen başarılar, biyoteknolojik yöntemlerin etkinliği konusunda olumlu işaretler sunmaktadır. Ancak, bu yöntemlerin sınırlamaları ve mevcut zorluklar, daha fazla araştırma ve geliştirme faaliyetlerini gerekli kılmaktadır.

Araştırma ve Uygulama Önerileri

- **Araştırma geliştirme:** Biyoteknolojik yaklaşımların etkinliğini artırmak ve güvenilirliğini sağlamak için daha fazla araştırma yapılmalıdır. Özellikle CRISPR yönteminin çeşitli koşullardaki performansı üzerinde çalışmalar yapılmalıdır.
- **Yenilikçi yöntemler:** Yeni biyoteknolojik çözümler geliştirilirken, mevcut yöntemlerin sınırlamalarını aşmak için yenilikçi yaklaşımlar benimsenmelidir. Bu hem teknolojik hem de biyolojik risklerin en aza indirilmesine yardımcı olabilir.

- **Koordinasyon ve iş birliği:** Ulusal ve uluslararası düzeyde araştırma ve uygulama koordinasyonu teşvik edilmelidir. Farklı bölgelerdeki araştırmaların ve sonuçların paylaşımı, biyoteknolojik çözümlerin geliştirilmesini ve uygulanmasını destekleyebilir.
- **Eğitim ve bilinçlendirme:** Arıcılar ve araştırmacılar, biyoteknolojik yöntemler konusunda eğitim almalı ve bilinçlendirilmelidir. Bu, yeni yöntemlerin doğru ve etkin bir şekilde uygulanmasını sağlayabilir.

KAYNAKÇA

- Abdelnour, S.A., Xie, L., Hassanin, A.A., Zuo, E. ve Lu, Y. (2021). The potential of CRISPR/Cas9 gene editing as a treatment strategy for inherited diseases. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9, 699597.
- Akyol, E. ve Korkmaz, A. (2006). Varroa destructor'un biyolojik kontrol yöntemleri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 6(2), 62-67.
- Akyol, E. ve Yeninar, H. (2009). Use of oxalic acid to control Varroa destructor in honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 33(4), 285-288.
- Andino, G.K. ve Hunt, G.J. (2011). A scientific note on a new assay to measure honey bee mite-grooming behavior. *Apidologie*, 42(4), 481-484.
- Arechavaleta-Velasco, M. ve Guzmán-Novoa E. (2001). Relative effect of four characteristics that restrain the population growth of the mite Varroa destructor in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Apidologie*, 32, 157-174.
- Aumeier, P. (2001). Bioassay for grooming effectiveness towards Varroa destructor mites in Africanized and Carniolan honey Bees. *Apidologie*, 32, 81-90.
- Aurori, C.M., Giurgiu, A.I., Conlon, B.H., Kastally, C., Dezmirean, D.S., Routtu, J. ve Aurori, A. (2021). Juvenile hormone pathway in honey bee larvae: A source of possible signal molecules for the reproductive behavior of Varroa destructor. *Ecology and Evolution*, 11(2), 1057-1068.
- Bak, B. and Wilde, J. (2015). Grooming behavior by worker bees of various subspecies of honey bees to remove Varroa destructor mites. *Journal of Apicultural Research*, 54(3), 207-215.
- Baum, J.A., Bogaert, T., Clinton, W., Heck, G.R., Feldmann, P., Ilagan, O., Johnson, S., Plaetinck, G., Munyikwa, T., Pleau, M., Vaughn, T. ve Roberts, J. (2007). Control of coleopteran insect pests through RNA interference. *Nature Biotechnology*, 25, 1322–1326.
- Becchimanzi, A., Cacace, A., Parziale, M., De Leva, G., Iacopino, S., Jesu, G., Di Lelio, I., Stillittano, V., Caprio, E. ve Pennacchio, F. (2024). The salivary gland transcriptome of Varroa destructor reveals suitable targets

- for RNAi-based mite control. *Insect Molecular Biology*, 10.1111/imb.12945.
- Boecking, O. ve Drescher, W. (1992). The removal response of *Apis mellifera* L colonies to brood in wax and plastic cells after artificial and natural infestation with *Varroa jacobsoni* Oud and to freeze-killed brood. *Experimental and Applied Acarology*, 16, 321-329.
- Boecking, O. ve Drescher, W. (1998). Research on *Varroa* resistant traits in European honey bee races (p. 22). EUROBEE AIR3-CT94-1064, EU, Brussels, final report.
- Boecking, O. ve Genersch, E. 2008. Varroosis—the ongoing crisis in bee keeping. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 3(2), 221-228.
- Bortolotti, L. ve Costa, C. (2014). Chemical communication in the honey bee society. In: Mucignat, C. and Caretta, C. (Eds.), *Neurobiology of Chemical Communication*. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA (pp. 143-206).
- Büchler, R., Berg, S. ve Le Conte, Y. (2010). Breeding for resistance to *Varroa* destructor in Europe. *Apidologie*, 41, 393-408.
- Campbell, E.M., Budge, G.E. ve Bowman, A.S. (2010). Gene knockdown in the honey bee mite *Varroa* destructor by a non-invasive approach: studies on a glutathione S-transferase. *Parasites & Vectors*, 3, 73–82.
- Campbell, E.M., Budge, G.E., Watkins, M. ve Bowman, A.S. (2016). Transcriptome analysis of the synganglion from the honey bee mite, *Varroa* destructor and RNAi knockdown of neural peptide targets. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 70, 116–126.
- Cedeño, A.G, Nakaya, P., Niz, J., Sciocco-Cap, A. ve Salvador, R. (2015). Double-stranded RNA synthesized in bacteria can be transferred to bee and *Varroa* tissues. *Journal of Apicultural Research*, 54(2), 99-100.
- Chen, Z., Traniello, I.M., Rana, S., Cash-Ahmed, A.C., Sankey, A.L., Yang, C. ve Robinson, G.E. (2021). Neurodevelopmental and transcriptomic effects of CRISPR/Cas9-induced somatic *orco* mutation in honey bees. *Journal of Neurogenetics*, 35(3), 320–332.
- De Figueiró Santos, J., Coelho, F.C. ve Bliman, P.A. (2016). Behavioral Modulation of Infestation by *Varroa* destructor in Bee Colonies. Implications for Colony Stability. *PLOS One*, 11(9), e0160465.

- Değirmenci, L., Geiger, D., Rogé Ferreira, F.L., Keller, A., Krischke, B., Beye, M., Steffan-Dewenter, I. ve Scheiner, R. (2020). CRISPR/Cas 9-mediated mutations as a new tool for studying taste in honeybees. *Chemical Senses*, 45(8), 655-666.
- Eliash, N., Singh, N.K., Kamer, Y., Pinnelli, G.R., Plettner, E.ve Soroker, V. 2014. Can we disrupt the sensing of honey bees by the bee parasite *Varroa destructor*? *PloS one*, 9(9), e106889.
- Fire, A., Xu, S., Montgomery, M.K., Kostas, S.A., Driver, S.E. ve Mello, C.C. 1998. Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in *C. elegans*. *Nature*, 391, 806–811.
- Fries, I., Imdorf, A. ve Rosenkranz, P. 2006. Survival of mite infested (*Varroa destructor*) honey bee (*Apis mellifera*) colonies in a Nordic climate. *Apidologie*, 37, 564-570.
- Garbian, Y., Maori, E., Kalev, H., Shafir, S. ve Sela, I. 2012. Bidirectional transfer of RNAi between honey bee and *Varroa destructor*: *Varroa* gene silencing reduces *Varroa* population. *PLOS Pathogens*, 8(12).
- Geng, H. 2022. Molecular analyses of visual processing and learning in honey bees. Doctoral dissertation, Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Gregorc, A., Domingues, C., Tutun, H. ve Sevin, S. (2022). What has been done in the fight against *Varroa destructor*: from the past to the present. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 69(2), 229-240.
- Harbo J.R. ve Harris, J.W. (2009). Responses to *Varroa* by honey bees with different levels of *Varroa* sensitive hygiene, *Journal of Apicultural Research*, 48, 156-161.
- Huang, Z.Y., Bian, G., Xi, Z. ve Xie, X. (2017). Genes important for survival or reproduction in *Varroa destructor* identified by RNAi. *Insect Science*, 26(1), 68-75.
- Hunter, W., Ellis, J., Vanengelsdorp, D., Hayes, J., Westervelt, D., Glick, E., Williams, M., Sela, I., Maori, E., Pettis, J., Cox-Foster, D. ve Paldi, N. (2010). Large-scale field application of RNAi technology reducing Israeli acute paralysis virus disease in honey bees (*Apis mellifera*, Hymenoptera: Apidae). *PLoS Pathogens*, 6(12), e1001160.
- Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J.A. ve Charpentier, E. (2012). A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science*, 337, 816-821.

- Jones R.L. ve Rothenbuhler W.C. (1964). Behaviour genetics of nest cleaning in honey bees. II. Response of two inbred lines to various amounts of cyanide-killed brood. *Animal Behaviour*, 12, 584-588.
- Kohno, H. ve Kubo, T. (2018). mKast is dispensable for normal development and sexual maturation of the male European honeybee. *Scientific Reports*, 8(1), 1-10.
- Kohno, H., Suenami, S., Takeuchi, H., Sasaki, T. ve Kubo, T. (2016). Production of knockout mutants by CRISPR/Cas9 in the European honeybee, *Apis mellifera* L. *Zoological Science*, 33(5), 505-512.
- Laidlaw, H.H. ve Page, E.R. (1997). *Queen Rearing and Bee Breeding*. Wicwas Press, Cheshire, Connecticut, USA (224 p).
- Le Conte, Y., de Vaublanc, G., Crauser, D., Jeanne, F., Rousselle, J.C. ve Bécard, J.M. (2007). Honey bee colonies that have survived *Varroa destructor*. *Apidologie*, 38, 566-572.
- Le Conte, Y., Ellis, M. ve Ritter, W. (2010). *Varroa* mites and honey bee health: Can *Varroa* explain part of the colony losses? *Apidologie*, 41, 353-63.
- Lodesani, M., Costa, C., Serra, G., Colombo, R. ve Sabatini, A.G. (2008). Acaricide residues in beeswax after conversion to organic beekeeping methods. *Apidologie*, 39(3), 324-333.
- Maggi, M.D., Ruffinengo, S.R., Negri, P. ve Eguaras, M.J. (2010). Resistance phenomena to amitraz from populations of the ectoparasitic mite *Varroa destructor* of Argentina. *Parasitology Research*, 107: 1189-1192.
- Martel, A.C., Zeggane, S., Aurieres, C., Drajnudel, P., Faucon, J.P. ve Aubert M. (2007). Acaricide residues in honey and wax after treatment of honey bee colonies with Apivar or Asuntol 50. *Apidologie*, 38(6), 534-544.
- McGruddy, R.A., Smeele, Z.E., Manley, B., Masucci, J.D., Haywood, J. ve Lester, P.J. (2024a). RNA interference as a next-generation control method for suppressing *Varroa destructor* reproduction in honey bee (*Apis mellifera*) hives. *Pest Management Science*, 80(9), 4770-4778.
- McGruddy, R., Haywood, J. ve Lester, P.J. (2024b). Beekeepers Support the Use of RNA Interference (RNAi) to Control *Varroa destructor*. *Insects*, 15(7), 539.
- Milani, N. ve Barbattini R. (1988). Effectiveness of Apistan (Fluvalinate) in the control of *Varroa jacobsoni* Oudemans and its tolerance by *Apis mellifera* Linnaeus. *Apicoltura*, 4, 39-58.

- Milani, N. ve Lob, M. (1998). Plastic strips containing organophosphorous acaricides to control *Varroa jacobsoni*. *American Bee Journal*, 138, 612-615.
- Mocellin, S. ve Provenzano, M. (2004). RNA interference: learning gene knock-down from cell genotype physiology. *Journal of Translational Medicine*, 2, 1-6.
- Momot J.P. ve Rothenbuhler W.C. (1971). Behaviour genetics of nest cleaning in honey bees. V. Interactions of age and of bees, and nectar flow. *Journal of Apicultural Research*, 10, 11-21.
- Moritz R.F.A., de Miranda, J., Fries, I., Le Conte, Y., Neumann, P. ve Paxton, R.J. (2010). Research strategies to improve honeybee health in Europe. *Apidologie*, 41(3), 227-242.
- Muntaabski, I., Scannapieco, A. C., Liendo, M. C., Niz, J. M., Russo, R. ve Salvador, R. (2022). Bacterially expressed dsRNA induces *Varroa destructor* gene knockdown by honey bee-mediated oral administration. *Journal of Apicultural Research*, 61(4), 511-518.
- Nasr, M. ve Wallner, K. (2003). Residues in honey and wax. Implications and safety. In Proc. of the North American Apicultural Research Symposium, *American Bee Journal*, (40), 322.
- Nie, H.Y., Liang, L.Q., Li, Q.F., Zhu, Y.N., Guo, Y.K., Zheng, Q.L., Lin, Y., Yang, D., Li Z. ve Su, S.K. (2021). CRISPR/Cas9 mediated knockout of *Amyyellow-y* gene results in melanization defect of the cuticle in adult *Apis mellifera*. *Journal of Insect Physiology*, 132, 104264.
- Oldroyd, B.P. (1999). Coevolution while you wait: *Varroa jacobsoni*, a new parasite of western honey bees. *Trends in Ecology & Evolution*, 14, 312-315.
- Oxley, P., Oldroyd, B. ve Gladsy, H. (2008). Development of two markers for hygienic behavior of honeybees. *Rural Industries Research and Development Corporation*, 2, 1-31.
- Park, O.W. (1937). Testing for resistance to American foulbrood in honeybees. *Journal of Economic Entomology*, 30(3), 504-512.
- Pettis, J.S. (2004). A scientific note on *Varroa destructor* resistance to coumaphos in the United States. *Apidologie*, 35, 91-92.
- Pritchard, D.J. (2016). Grooming by honey bees as a component of varroa resistant behavior. *Journal of Apicultural Research*, 55(1), 38-48.

- Ramsey, S.D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J.D., Cohen, A., Lim, D., Joklik, J., Cicero, J.M., Ellis J.D., Hawthorne, D. ve vanEngelsdorp D., 2019. *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(5), 1792-1801.
- Rechavi, O., Minevich, G. ve Hobert, O. (2011). Transgenerational inheritance of an acquired small RNA-based antiviral response in *C. elegans*. *Cell*, 147, 1248-1256.
- Rosenkranz, P., Aumeier, P. ve Ziegelmann, B. (2010). Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, 96-119.
- Rosenkranz, P., Fries, I., Boecking, O. ve Stürmer, M. (1997). Damaged *Varroa* mites in the debris of honey bee (*Apis mellifera* L) colonies with and without hatching brood. *Apidologie*, 28(6), 427-37.
- Roth, A., Vleurinck, C., Netschitailo, O., Bauer, V., Otte, M., Kaftanoglu, O., Page, R.E. ve Beye, M. (2019). A genetic switch for worker nutrition-mediated traits in honeybees. *PLoS Biology*, 17(3), e3000171.
- Rothenbuhler W.C. (1964b). Behaviour genetics of nest cleaning in honey bees. IV. Responses of F1 and backcross generations to disease-killed brood. *American Zoologist*, 4, 111-123.
- Rothenbuhler, W.C. (1964a). Behavior genetics of nest cleaning in honey bee. I. Responses of four inbred lines to disease killed brood. *Animal Behaviour*, 12, 578-583.
- Rinderer, T.E., Harris, J.W., Hunt, G.J. ve de Guzman, L.I. 2010. Breeding for resistance to *Varroa destructor* in North America. *Apidologie*, 41, 409-424.
- Ritter, W. (1988). Medications registered in Western Europe for *Varroa* tosis control. *Apidologie*, 19(2), 113-116.
- Seeley, T.D. (2007). Honey bees of the Arnot Forest: a population of feral colonies persisting with *Varroa destructor* in the northeastern United States. *Apidologie*, 38, 19-29.
- Schroeder, A., Wallner, K. ve Weber, D. (2004). Amitraz als *Varroa* zid-Einfluss auf die Honigqualität. *Apidologie*, 35(5), 535-536.
- Shimanuki, H., Calderone, N.W. ve Knox, D.A. (1994). Parasitic mite syndrome the symptoms, *American Bee Journal*, 134, 827-828.

- Shinoda, T. ve Itoyama, K. (2003). Juvenile hormone acid methyltransferase: a key regulatory enzyme for insect metamorphosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(21), 11986-11991.
- Sinakevitch, I., Kurtzman, Z., Choi, H.G., Pardo, D.A.R., Dahan, R.A., Klein, N., Bugarija, B., Wendlandt, E. ve Smith, B.H. (2020). Anti-RDL and Anti-mGlutR1 Receptors Antibody Testing in Honeybee Brain Sections using CRISPR-Cas9. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, e59993.
- Symington, L.S. ve Gautier, J. (2011). Double-strand break end resection and repair pathway choice. *Annual Review of Genetics*, 45, 247-271.
- Spivak, M. ve Gilliam, M. (1998). Hygienic behaviour of honey bees and its application for control of brood diseases and *Varroa*: Part II. Studies on hygienic behaviour since the Rothenbuhler era. *Bee world*, 79(4), 169-186.
- Spivak, M. ve Reuter, S.G. (1998). Performance of hygienic honey bee colonies in a commercial apiary, *Apidologie*, 29, 291-302.
- Steeves, R.M., Todd, T.C., Essig, J.S. ve Trick, H.N. (2006). Transgenic soybeans expressing siRNAs specific to a major sperm protein gene suppress *Heterodera glycines* reproduction, *Functional Plant Biology*, 33, 991-999.
- Sumpter, D.J.T. ve Martin, S.J. (2004). The dynamics of virus epidemics in *Varroa*-infested honey bee colonies. *Journal of Animal Ecology*, 73, 51-63.
- Tian, S., Jiang, L., Gao, Q., Zhang, J., Zong, M., Zhang, H., Ren, Y., Guo, S., Gong, G., Liu, F. ve Xu, Y. (2017). Efficient CRISPR/Cas9-based gene knockout in watermelon. *Plant Cell Reports*, 36(3), 399-406.
- Underwood, R. ve vanEngelsdorp, D. (2007). Colony collapse disorder: Have we seen this before? *Bee Culture*, 35, 13-18.
- vanAlphen, J.J.M. ve Fernhout, B.J. (2020). Natural selection, selective breeding, and the evolution of resistance of honeybees (*Apis mellifera*) against *Varroa*. *Zoological Letters*, 6, 6.
- Vandame, R. (1996). Importance de l'hybridation de l'hôte dans la tolérance à un parasite. Cas de l'acarien parasite *Varroa jacobsoni* chez les races d'abeilles *Apis mellifera* européenne et africanisée, en climat tropical

- humide du Mexique. Thesis, Université Claude Bernard, Lyon, France (111 p).
- Wallner, K. 1999. Varroa cides and their residues in bee products. *Apidologie*, 30(2-3): 235-248.
- Yıldız, B.İ. ve Karabağ, K. (2022). Quantitation of neuroxin-1, ataxin-3 and atlastin genes related to grooming behavior in five races of honey bee, *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae), in Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 46(1), 3-11.
- Yıldız, B.İ. (2023). Production of Juvenile Hormone Acid O-methyltransferase (JHAMT) Knockout Mutants Using CRISPR-Cas9 in *Apis mellifera anatoliaca* Honey Bee and Investigation of Its Effect on *Varroa destructor*. Doctoral dissertation, Akdeniz University, Antalya.

BÖLÜM 3

BIYOÇEŞİTLİLİĞİN ÖNEMİ VE KORUNMASI

Doç. Dr. Erol ORAL¹
Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ALTUNER²
Prof. Dr. Tamer ERYİĞİT³

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü
Sorumlu yazar: eroloral@yyu.edu.tr, Orcid No: 0000-0001-9413-1092

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Gevaş MYO Bitkisel ve Hayvansal Üretim
Bölümü/Organik Tarım Programı, Orcid No: :0000-0002-2386-2450

³ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Gevaş MYO Bitkisel ve Hayvansal Üretim
Bölümü/Organik Tarım Programı, Orcid No: : 0000-0001-5069-8206

GİRİŞ

Dünyada ve Ülkemizde artan nüfusa paralel olarak savaşlar, doğal afetler, ekonomik krizler ve salgın hastalıklar gıdaya olan talebin hızla artmasına neden olmuştur. Günümüzde küresel ısınma ve sonrasında meydana gelen iklim değişikliğine bağlı olarak gıda güvenliği ve arzı büyük oranda olumsuz etkilenmiştir. Bu baskının azaltılmasında yeni tarım alanlarının açılması, aşırı gübre kullanımı kısmi bir rahatlama sağlayabilir. Ancak çevresel faktörler ve bunların bitkisel üretim üzerindeki etkileri belirsizliğini korumaktadır (Godfray ve ark., 2010).

Gıda arzının ve tedarik zincirlerinin sürdürülebilirliğinin diğer bir yolu ise bitki gen kaynaklarının korunmasıdır. İnsanlık bir taraftan gıda arzı ve güvenliğini sağlarken diğer taraftan biyoçeşitliliğin korunması misyonunu üstlenecektir. Ancak bu dengenin sağlanması günümüz şartlarında zorlayıcı olacaktır. Biyolojik çeşitliliğin korunmasında bitki genetik kaynaklarının önemi büyüktür. Bitki genetik kaynaklarının korunması ve gelecek nesillere aktarılması Dünya vatandaşlığının bir gereğidir. Bitki genetik kaynakları insanlık tarihinin başlaması ile birlikte çeşitli çalışmalar sonucu ortaya çıkarılmış olan temel kaynaklardır. Bunlar günümüzde modern varyeteler olarak adlandırdığımız çeşitli bitkilerin geliştirilmesinde kullanılan, genetiksel özelliklerini korumuş olan “ata özelliğindeki” canlı materyallerdir. Bu biyolojik ekosistem tohumlar, bitkiler, popülasyonlar, türler ve topluluklar içerir (Bretting, 1984). Bu kaynağın korunmasında adaptasyon alanları, genetik profiller, üreme sistemleri, yaşam süreleri, tüketim tercihleri, sosyolojik roller önemlidir (Bretting, 1984).

Bitkiler doğal ve suni ekosistemlerin temel yapı taşıdır. İnsan ekonomilerinin ve geçim kaynaklarının temelleridir (Heiser, 1990; Harlan, 1992). Geçmişten günümüze kadar çeşitli nedenlerden dolayı kaybolmaya yüz tutmuş genetik tabanın yenilenmesinde bitki gen kaynakları önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle temel ve uygulamalı bitki bilimi araştırmaları için altyapının temel bileşenleridir (Frankel, 1984). Bitki ıslahçıları ticari ürünleri geliştirmek veya iyileştirmek için yabani ya da kültür çeşitlerini kullanır (Simmonds, 1979).

Bitki genetik kaynakları, yeni ürünler ve yeni sürdürülebilir üretim sistemleri geliştirmek için ham madde kaynağıdır (Simon et al., 1990). Bu ürünler yetiştirildikleri ekolojilerde yeni bir ürün olabilir. Örneğin Çin’de

binlerce yıldır tarımı yapılan soya fasulyesi yakın zamanda Amerika Birleşik Devletleri ve Brezilya'ya getirilerek geniş alanlarda üretimi yapılmaktadır. Veya eski bir bitkinin genetiği değiştirilerek yeni bir çeşitler veya türler elde edilmesi mümkündür. Örneğin düşük erusik asit içeren kanola veya düşük glukozinolat içeren *Brassica napus* L. çeşitleri sayılabilir. Ekosistem içerisinde yabancı tür ve çeşitler yeni çeşitler için donörlere dönüştürülebilir (Groeneveld et al., 2010).

Bu bakımdan değerlendirildiğinde bitki genetik kaynakları, tarımda verimliliği artırmak, hastalıklara dayanıklılığı sağlamak ve iklim değişikliğine adaptasyonu desteklemek için hayati öneme sahiptir. Bu kaynaklar, yeni çeşitlerin geliştirilmesinde ve gıda güvenliğinin sağlanmasında kritik rol oynar. Ayrıca, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir tarım uygulamaları için de gereklidir. Bu nedenle, bitki genetik kaynaklarını korumak ve etkin bir şekilde kullanmak hem ekosistem sağlığı hem de insanlık için büyük bir öncelik taşıyor.

BİTKİ GENETİK KAYNAKLARININ KORUNMASI

Son yıllarda bitki genetik kaynaklarını tüketmeden yönetmeyi ve kullanmayı sağlayan metotlar üzerinde çalışılmaktadır. Bu tedbirlerden bir tanesi geleneksel tarım yöntemlerinin korunması sayılabilir (Smith and Alcorn, 1991). Giderek artan dünya nüfusu, doğanın tahribi (örneğin, ormanlık alanların tamamen kesilmesi ve şehirleşme ve iklim değişikliği ve kimyasal kirlenme vb. yoluyla habitat bozulmasına neden olmuştur. Bu habitat değişiklikleri şu anda bitki topluluklarının, taksonların ve bunların bileşen genlerinin yok olmasının birincil nedenleridir. Örneğin, Wilkes (1991), 25 yıllık bir süre zarfında, mısırın (*Zea mays* L. ssp. *mays*) yabancı akrabası olan teosinte'nin (*Zea mays* L. türü) birçok Meksika ve Guatemala popülasyonunun, habitat dönüşümü yoluyla önceki boyutlarının fraksiyonlarına düştüğünü bildirmiştir. Perrino (1994), son yıllarda İtalya'daki geleneksel buğday çeşitlerinin %90'ının, habitatları olan geleneksel İtalyan çiftçilik köylerinde ekiminin azaldığını bildirmişlerdir.

Bitki genetik kaynaklarının korunmasında bazı koruma yöntemlerinden bazılarının sağlayacağı faydalar aşağıdaki gibidir.

Gen Bankaları

Bitki türlerinin tohumları, doku örnekleri veya genetik materyalleri, uygun koşullarda saklanarak uzun vadeli korunabilir.

Tarım Uygulamaları

Çiftçiler, yerel çeşitleri kullanarak ve geleneksel tarım yöntemlerini sürdürerek genetik çeşitliliği artırabilir.

Koruma Alanları

Doğal yaşam alanlarında bitki türlerinin korunması için milli parklar ve doğal rezervler oluşturulmalıdır.

Araştırma ve Geliştirme

Genetik kaynakların özelliklerinin araştırılması ve yeni çeşitlerin geliştirilmesi için bilimsel çalışmalar desteklenmelidir.

Eğitim ve Farkındalık

Toplumun bitki genetik kaynaklarının önemi hakkında bilgilendirilmesi, bu kaynakların korunması için kamu desteğini artırır. Bu yöntemlerin bir arada kullanılması, bitki genetik kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde korunmasına yardımcı olabilir. Bitki genetik kaynakları genellikle dört ana yöntemle korunur:

Gen Bankaları

Tohumlar ve bitki örnekleri uygun koşullarda saklanarak uzun süreli korunur.

In Situ Koruma

Bitkilerin doğal yaşam alanlarında korunması, yani ekosistem içinde yaşatılması sağlanır.

Ex Situ Koruma

Bitkilerin doğal habitatlarının dışında, seralarda veya araştırma alanlarında korunmasıdır.

Tarım Uygulamaları

Geleneksel tarım yöntemleri ve yerel çeşitlerin kullanımıyla genetik çeşitliliğin artırılması hedeflenir.

DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE GEN MERKEZLERİ

Bitki genetik kaynakları, gıda güvenliğinin biyolojik temelidir. Gıda ve tarım için bitki genetik kaynakları, geleneksel çeşitler ve modern kültür varlıklarının tohumları ve dikim materyalleri, yabani bitki akrabaları ve diğer yabani bitki türlerinden oluşur. Bu kaynaklar gıda, evcil hayvanlar için yem, lif, tekstil ve enerji olarak kullanılır. Bunların korunması ve sürdürülebilir kullanımı, mahsul üretimini sağlamak ve artan çevresel zorluklarla ve iklim değişikliğiyle başa çıkmak için gereklidir. Bu kaynakların aşınması, uzun vadede dünyanın gıda güvenliği için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmaya giden yolu yönlendiren temel faktörleri göstermektedir (Şehirli ve ark., 2005)

İnsanlığın beslenmesi, çevre ve sürdürülebilir kalkınma için kritik olan mahsul genetik çeşitliliği, endişe verici bir oranda kaybolmaktadır. Ülkelerin ve nesillerin bu genetik çeşitliliğe olan muazzam bağımlılığı göz önüne alındığında, bu kayıp kritik sosyoekonomik, etik ve politik soruları gündeme getirmektedir. Uluslararası bir anlaşmanın yakın zamanda onaylanması ve ürün çeşitliliğini korumak için teknolojilerin geliştirilmesi, artık karşılanması gereken beklentileri artırmıştır (Anonim, 2003).

Ülkeler, bitki genetik kaynakları ve özellikle de sistematik olarak binlerce yıldır kesintisiz olarak geliştirilen, iyileştirilen ve değiştirilen ürün genetik kaynakları açısından temelde birbirine bağımlıdır (Karagöz ve ark., 2015).

Dünya gen merkezleri, bitki genetik kaynaklarının doğal olarak bulunduğu ve çeşitliliğin en yüksek olduğu bölgeleri ifade eder. Bu merkezler, tarımsal çeşitliliği korumak ve geliştirmek için kritik öneme sahiptir (Gökgöl ve Taşan, 1978). İşte bazı önemli dünya gen merkezleri (Resim 1).

Himalaya Bölgesi

Pirinç, buğday ve baklagiller gibi birçok önemli tarım bitkisinin genetik çeşitliliğini barındırır.

Orta Asya

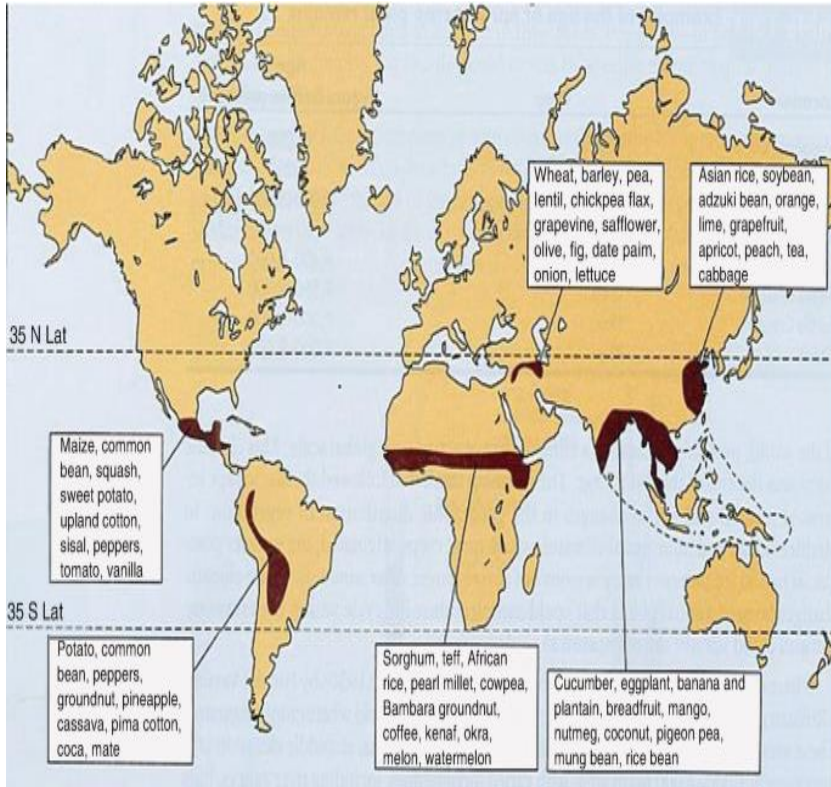
Özellikle buğdayın ve diğer tahılların köken bölgesi olarak bilinir.

Ekvatorial Afrika

Kahve, muz ve bazı tropik meyvelerin genetik kaynakları burada bulunur.

Latin Amerika

Mısır, patates, fasulye ve diğer önemli bitkilerin kökenidir.



Resim1: (<https://link.springer.com/chapter>)

Yakın Doğu

Zeytin, üzüm ve narenciye gibi bitkilerin genetik çeşitliliğini içerir. Bu gen merkezleri, tarımsal yenilikler ve sürdürülebilir gıda üretimi için önemli

kaynaklar sunar. Koruma ve araştırma çalışmaları, bu bölgelerdeki genetik kaynakların sürdürülebilir kullanımı açısından kritik öneme sahiptir.

Türkiye, zengin bitki genetik çeşitliliği ile önemli gen merkezlerinden biridir. İşte Türkiye'deki bazı önemli gen merkezleri:

Çukurova

Bu bölge, özellikle pamuk, mısır ve buğday gibi tarım ürünlerinin çeşitliliği açısından zengindir.

Aydın ve Ege Bölgesi

Zeytin, narenciye ve şeftali gibi birçok meyve türünün genetik kaynaklarını barındırır.

Doğu Anadolu

Buğday, arpa ve yerel tahıl çeşitlerinin yanı sıra, yerel sebze türleri açısından zengindir.

Karadeniz Bölgesi

Fındık ve çay gibi ürünlerin genetik çeşitliliği burada bulunur.

Güneydoğu Anadolu

Antep fıstığı, nar ve çeşitli baklagil türlerinin genetik kaynakları açısından önemlidir. Bu bölgeler hem tarımsal üretim için hem de biyolojik çeşitliliğin korunması için kritik öneme sahiptir. Türkiye'nin genetik kaynaklarının korunması ve araştırılması, sürdürülebilir tarım uygulamaları için büyük bir fırsat sunmaktadır(Demir, 1990).

BİTKİ GENETİK KAYNAKLARI NELERDİR?

Bitki genetik kaynakları, tarım ve doğada bulunan bitki türlerinin genetik çeşitliliğini ifade eder (Resim 2). İşte bitki genetik kaynaklarının ana bileşenleri:

Yerel Çeşitler

Belirli bir bölgeye özgü olarak gelişmiş ve tarımda kullanılan bitki çeşitleridir.



Resim 2: (<https://www.ars.usda.gov/plains-area>)

Yerli Türler

Bir bölgede doğal olarak bulunan ve ekosistemle uyumlu bitki türleridir.

Hibridler

Farklı tür veya çeşitler arasındaki çaprazlamalarla elde edilen bitkilerdir; genetik çeşitliliği artırabilirler.

Yerli Tohumlar

Geleneksel yöntemlerle üretilen ve doğal olarak adapte olmuş tohumlardır.

Gen Bankaları

Tohum ve bitki örneklerinin korunduğu kuruluşlardır. Bu bankalarda, çeşitli bitki türlerinin genetik materyalleri saklanır.

Dikim Materyalleri

Bitki türlerinin farklı özelliklerini taşıyan doku örnekleri veya klonlar. Bu kaynaklar, tarımda verimliliği artırmak, hastalıklara dayanıklılığı sağlamak

ve iklim değişikliğine uyum sağlamak için kritik öneme sahiptir. Korunmaları ve sürdürülebilir kullanımları hem gıda güvenliği hem de biyolojik çeşitlilik için hayati önem taşır (Frankel ve Hawkes 1975)

BİTKİ GENETİK MATERYALİN TOPLANMASI

Bitki genetik materyallerinin toplanması, genetik çeşitliliği korumak ve bitki ıslahı çalışmalarını desteklemek amacıyla yapılan önemli bir süreçtir (Resim 3). Bu süreç genellikle şu adımları içerir:

Araştırma ve Planlama

Hangi bitki türlerinin toplanacağı, hedeflenen genetik özellikler ve coğrafi bölgeler belirlenir.

Alan Çalışmaları

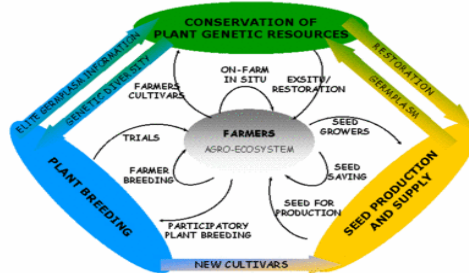
Belirlenen bölgelerde bitki örnekleri toplanır. Bu aşamada, doğal yaşam alanlarının korunmasına özen gösterilir.

Örnekleme

Genetik çeşitliliği yansıtacak şekilde farklı bireylerden örnekler alınır. Bu, farklı genotiplerin temsil edilmesini sağlar.

Veri Toplama

Toplanan örneklerin morfolojik ve genetik özellikleri kaydedilir. Bu veriler, ilerideki analizler için önemlidir.



Resim 3: (<https://www.fao.org/agriculture/crops>)

Koruma ve Depolama

Toplanan genetik materyaller uygun koşullarda korunur. Biyobankalarda, dondurulmuş veya kuru ortamda depolanabilir.

Analiz ve Kullanım

Toplanan materyaller, genetik analizler ve ıslah çalışmaları için kullanılır. Genetik çeşitliliği artırmak veya belirli özellikleri geliştirmek amacıyla kullanılır. Bu süreçler, tarım, biyoteknoloji ve ekosistem koruma çalışmalarında kritik bir rol oynar(Karagöz ve ark., 2015).

DÜNYADA ve ÜLKEMİZDE GEN BANKALARI

Dünya genelinde gen bankaları, bitki, hayvan ve mikroorganizma türlerinin genetik materyallerini korumak için oluşturulmuş önemli tesislerdir. Bu bankalar, genetik çeşitliliği koruma, araştırma yapma ve tarımsal üretkenliği artırma amaçlarıyla faaliyet gösterir. İşte bazı önemli dünya gen bankaları:

Svalbard Küresel Tohum Bankası (Norveç)

Bu, dünyanın en büyük tohum bankalarından biridir ve birçok ülkenin tarımsal çeşitliliğini korumak için tohumları depolar (Resim 4).



Resim 4: (<https://www.bostonglobe.com/2024/07/05/>)

Kew Kraliyet Botanik Bahçeleri (Birleşik Krallık)

Dünyanın en büyük bitki genetik koleksiyonlarından birine sahip olan bu kurum hem tohumları hem de canlı bitkileri korur.

Global Seed Vault

Svalbard dışında çeşitli ülkelerde bulunan yerel gen bankaları ile bağlantılıdır ve global tarım çeşitliliğini koruma amacı taşır.



Resim 5: (<https://cipotato.org/genebank-2>)

The Millennium Seed Bank (Birleşik Krallık)

Bu bankada dünya genelinden 100,000'den fazla bitki türünün tohumları depolanmaktadır.

CIMMYT (Uluslararası Mısır ve Buğday İyileştirme Merkezi)

Bu kurum, mısır ve buğday çeşitlerini korumak ve geliştirmek amacıyla geniş bir genetik koleksiyona sahiptir.

FAO Gen Bankası

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, dünya genelindeki genetik kaynakların korunmasını desteklemek için çeşitli projeler yürütmektedir. Bu gen bankaları, ekosistemlerin sürdürülebilirliğini sağlamak ve gelecekteki iklim değişikliği veya hastalıklarla başa çıkmak için kritik öneme sahiptir. Türkiye'de de bitki genetik materyallerini korumak amacıyla çeşitli gen bankaları ve araştırma kuruluşları bulunmaktadır. İşte bazı önemli Türkiye gen bankaları:

TÜBİTAK MAM Gen Bankası

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Marmara Araştırma Merkezi, yerel bitki çeşitlerinin korunması ve araştırılması amacıyla önemli bir gen bankasıdır.

TAGEM (Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü)

TAGEM, çeşitli araştırma enstitüleri aracılığıyla yerel bitki genetik kaynaklarının korunmasını ve geliştirilmesini desteklemektedir.

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Bu fakülte, yerel ve ulusal tarım bitkilerinin genetik materyallerini koruma ve araştırma projeleri yürütmektedir.

Ege Üniversitesi Genetik Kaynaklar Araştırma ve Uygulama Merkezi

Ege Üniversitesi bünyesinde, bitki genetik kaynaklarının korunması ve araştırılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Düzenli Tohum Bankaları

Türkiye genelinde bazı özel ve kamu kurumlarına bağlı tohum bankaları bulunmaktadır. Bu bankalar, yerel tohumların korunmasına yönelik faaliyetler yürütmektedir. Bu gen bankaları, Türkiye'nin tarımsal çeşitliliğini koruma, yerel türleri iyileştirme ve tarımsal sürdürülebilirliği sağlama açısından büyük önem taşır(Anonim, 2024 a).

DÜNYADA GENETİK ÇEŞİTLİLİĞİN KORUNMASINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Dünya genelinde genetik çeşitliliğin korunması için birçok uluslararası ve yerel düzeyde çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. İşte bu çalışmalardan bazıları:

Uluslararası Sözleşmeler ve Anlaşmalar

1-Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (CBD): 1992 yılında imzalanan bu sözleşme, biyolojik çeşitliliğin korunmasını, sürdürülebilir kullanımını ve faydalarının adil paylaşımını teşvik eder(Anonim, 2024 b).

2-Tarım Biyoteknolojisi için Cartagena Protokolü: Genetik olarak değiştirilmiş organizmaların (GDO) uluslararası ticareti ve çevresel etkilerini düzenler(Kıvılcım, 2012).

Gen Bankaları

1-Svalbard Küresel Tohum Bankası: Dünya genelinden tohumları depolayarak genetik çeşitliliği korumayı hedefler.

2-Ulusal Gen Bankaları: Her ülkenin kendi yerel türlerini ve çeşitlerini koruma amacıyla kurduğu gen bankaları bulunur.

Araştırma ve Geliştirme Projeleri

1-Uluslararası Tarım Araştırma Merkezleri: CIMMYT, ICARDA ve CIAT gibi merkezler, tarımsal çeşitliliği koruma ve geliştirme projeleri yürütür.

2-Genetik Çeşitlilik Değerlendirme: Yerel türlerin genetik çeşitliliğini belirlemek için çeşitli araştırmalar yapılır.

Koruma Programları

1-Koruma Alanları: Doğal yaşam alanlarının korunması, biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği için kritik öneme sahiptir.

2-Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları: Organik tarım ve agroekoloji gibi yöntemler, genetik çeşitliliği artırmaya yardımcı olur.

Eğitim ve Farkındalık

1-Toplum Temelli Projeler: Yerel toplulukların genetik kaynakların korunması konusunda bilinçlendirilmesi için eğitim programları düzenlenir.

2-Okul ve Üniversite Programları: Genetik çeşitlilik konusunda eğitim veren akademik programlar geliştirilir.

Teknolojik Gelişmeler

1-Biyoteknoloji Uygulamaları: Genetik mühendislik ve genom dizileme gibi teknolojiler, genetik çeşitliliğin korunmasında kullanılabilir. Bu çalışmalar, genetik çeşitliliğin korunmasını sağlamak ve gelecekteki ekosistem sağlığını güvence altına almak için kritik öneme sahiptir.

BIYOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİ TEHDİT EDEN UNSURLAR

Bitki genetik çeşitliliğini tehdit eden faktörler, ekosistemlerin sağlığını ve tarımsal üretkenliği olumsuz etkileyebilir. İşte bu tehditlerden bazıları:

Habitat Kaybı

1-Kentsel Gelişme: Şehirleşme ve tarım alanlarının genişlemesi doğal bitki örtüsünü azaltır.

2-Orman Kesimi: Ormanların yok edilmesi, birçok bitki türünün yaşam alanını kaybetmesine neden olur.

İklim Değişikliği

1-Sıcaklık ve Yağış Değişiklikleri: İklim değişikliği, bitkilerin yetişme koşullarını etkileyerek bazı türlerin yok olmasına yol açabilir.

2-Aşırı Hava Olayları: Kuraklık, sel ve fırtına gibi olaylar, bitki çeşitliliğini tehdit eder.

Tarım Uygulamaları

1-Monokültür: Tek tip bitki yetiştirilmesi, genetik çeşitliliği azaltır ve hastalıklara karşı dayanıklılığı düşürür.

2-Kimyasal Kullanımı: Pestisit ve gübre kullanımı, yerel bitki türlerini olumsuz etkileyebilir.

Genetik Erozyon

1-Yerel Türlerin Yok Olması: Modern tarım uygulamaları, yerel ve geleneksel bitki çeşitlerinin unutulmasına neden olur.

2-Genetik Modifikasyon: Genetik olarak değiştirilmiş organizmalar (GDO), doğal çeşitliliği tehdit edebilir.

Zararlılar ve Hastalıklar

1-Yabancı Türler: İstilacı bitkiler, yerel bitki türlerinin hayatta kalma şansını azaltır.

2-Bitki Hastalıkları: Yeni hastalıklar ve zararlılar, genetik çeşitliliği tehdit eder.

Sosyal ve Ekonomik Faktörler

1-Tarım Politikaları: Yanlış tarım politikaları, yerel çeşitlerin korunmasını engelleyebilir.

2-Toplum Bilinci: Yerel halkın genetik çeşitliliğin önemi konusunda bilinçlenmemesi, koruma çabalarını zayıflatır. Bu tehditler, hem doğal ekosistemlerin dengesini hem de insanlık için önemli olan tarımsal üretkenliği tehlikeye atmaktadır. Bu nedenle, bu tehditlerle başa çıkmak için kapsamlı stratejiler geliştirmek kritik önem taşır(Şehriali ve ark., 2005).

SONUÇ

Bitki genetik kaynaklarını korumazsak, birçok olumsuz sonuçla karşılaşabiliriz. İşte bunlardan bazıları:

1-Yerel ve nadir bitki türlerinin yok olması, ekosistem dengelerini bozabilir.

2-Genetik çeşitliliğin azalması, türlerin dayanıklılığını düşürür ve adaptasyon yeteneklerini azaltır.

3-Verim ve rekolte kayıplarına neden olabilir.

4-Genetik çeşitliliğin azalması, bitkilerin hastalıklara ve zararlılara karşı daha savunmasız hale gelmesine yol açar.

5-İklim değişikliği karşısında dayanıklı çeşitlerin kaybolması, tarımsal üretkenliği tehdit eder.

6-Gıda tedarik zincirlerinde aksama ve geçikmelere neden olabilir.

7-Gıda üretiminde kullanılan türlerin çeşitliliğinin azalması, gıda güvenliğini tehlikeye atar.

8-Genetik çeşitlilik kaybı, besin değeri yüksek bitki türlerinin yok olmasına neden olabilir.

9-Doğal afetlerin sayısında ve sıklığında artışlara neden olabilir.

10-Bitkilerin sağladığı ekosistem hizmetleri (toprak koruma, su döngüsü vb.) olumsuz etkilenir.

11-Yerel bitkilerin azalması, istilacı türlerin yayılmasına zemin hazırlar.

12-Yerel bitki türleri ve bunlarla ilgili geleneksel bilgilerin kaybolması, kültürel mirası tehdit eder.

13-Geleneksel tarım yöntemlerinin terk edilmesi, toplumsal ve kültürel bağların zayıflamasına yol açabilir.

14-Tarımsal çeşitliliğin azalması, tarım sektöründe ekonomik kayıplara neden olabilir.

15-Tarımda çeşitliliğin azalması, iş gücü kaybına yol açabilir. Bu nedenlerle, bitki genetik kaynaklarının korunması hem ekosistem sağlığı hem de insan yaşamı için kritik öneme sahiptir.

6.KAYNAKLAR

- Anonim, 2003. Ülkesel Genetik Kaynaklar Araştırma ve Geliştirme Projesi, Çalıştay Raporu. Haziran 2003, İzmir.
- Anonim, 2024 a. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM> (Erişim Tarihi: 24.09.2024).
- Anonim, 2024 b. <https://icao-dt.mfa.gov.tr/Mission> (Erişim Tarihi: 24.08.2024)
- Demir, İ. 1990. Genel Bitki Islahı. E. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No 496: 366 s. E.Ü.Z. F. Ofset Atelyesi İZMİR.
- Bretting, P. K. 1984. Folk names and uses for martyniaceae plants Econ. Bot., 38: 458-463.
- Frankel, E. N. 1984. Lipid Oxidation: Mechanism, Products and Biological Significance. J. Am. Oil Chem. Soc., 61, 1908-1917.
- Frankel, O. H. and E. Bennet. 1970. Genetic Resources in Plants. Their Exploitation and Conservation. IBP Handbook No: 11. Oxford University Press.
- Karagöz, A., Zencirci, N., Toker, C., Özbek, K, 2015. Bitki Genetik Kaynaklarının Korunması ve Kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 24 Aralık, 2015.
- Kıvılcım, Z. 2012. Cartagena Protokolü ve Türkiye Biyogüvenlik Mevzuatı. Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi 20(1): 99-121.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., Toulmin, C., 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science 327 (5967): 812–818.
- Gökgöl, M. ve R. Taşan 1978. Yeşilköy Zirai Araştırma Enstitüsü (Marmara-Trakya Bölge Zirai Araştırma Enstitüsü) 50 Yılı, 1926-1976. İstanbul.
- Groeneveld, L. F., Lenstra, J.A., Eding, H., Toro, M.A., Scherf, B., Pilling, D., Negrini, R., Finlay, E. K., Jianlin, H., Groeneveld, E., Weigend, S., The GLOBALDIV Consortium, 2010. Genetic diversity in farm animals – a review. Anim. Genet. 41 (Suppl. 1), 6–31.
- Harlan, J. R. 1975. Crops and man. American Society of Agronomy, Madison, WI. 1992. Crops and man. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison.

- Heiser, C. B. 1988. Aspects of unconscious selection and the evolution of domesticated plants. *Euphytica*, 37:77-81.
- Ed. N. W. Simmonds, 1979. *Evolution of Crop Plants*. London: Longmans (reprinted 1979), pp. 339.
- Simon, J. E., J. Quinn, and R. G. Murray. 1990. Basil: a source of essential oils. Pages 484-489.
- Smith, S.M. and Alcorn, D.S. (1991) Cause Marketing: A New Direction in the Marketing of Corporate Responsibility. *Journal of Consumer Marketing*, 8, 19-35.
- Şehirali, S. ve Özgen, M. 1987. Bitki genetik kaynakları. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 1020. Ders Kitabı: 294, Ankara.
- Şehirali, S., M. Özgen, A. Karagöz, M. Sürek, S. Adak, İ. Güvenç, Tan, M. Burak, H. Ç. Kaymak, D. Kenar. 2005. Bitki genetik kaynaklarının korunma ve kullanımı. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası VI. Teknik Kongresi. Cilt 1. Kozan Ofset, Ankara. 253- 273.
- Wilkes, H. G, 1977. Hybridization of maize and teosinte, in Mexico and Guetamala and the improvemement of maize. *Economy botany* 31:254.293

BÖLÜM 4

KÜRESEL ISINMAYI HAFİFLETMEYE YÖNELİK STRATEJİLER

Arş. Gör Zübeyir AĞIRAĞAÇ¹
Prof. Dr. Şeyda ZORER ÇELEBİ^{2f}

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1414-1472> 2, e posta: zubeyiragiragaç@yyu.edu.tr,

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1278-1994>, e posta: seydazorer@yyu.edu.tr,

GİRİŞ

Dünyada savaş, pandemi, kuraklık ve işsizlik gibi insanoğlunu göçe teşvik eden faktörlerin yanı sıra artan dünya nüfusu da gıda güvenliği ve güvencesini tehlikeye atmaktadır. Sanayi devrimi ile birlikte fabrikaların kurulması, birim alandan daha fazla ürün üretme talepleri ve yığınsal üretim sonucu ortaya çıkan atık sorunu, doğal kaynakları olumsuz yönde etkilemiştir (Rocha ve ark., 2022). Kontrolsüz nüfus artışıyla birlikte artan gıda talebi, uluslararası düzeyde gıda sorununu çözmeye yönelik yaptırımlar ve yatırımları zorunlu hale getirirken, bu müdahaleler aynı zamanda doğada "küresel iklim sorunu" olarak ifade edilen ciddi bir probleme de yol açmıştır (Koyuncu, 2017; Koyuncu ve Akgün, 2018; Ahmet, 2019). Küresel ısınma ve iklim değişikliği, son yıllarda dünyamızı olumsuz yönde etkileyen en önemli çevre problemlerinden biri haline gelmiştir (Gören ve ark., 2024). Bu problemin tarihi uzun yıllara dayansa da etkileri günümüzde daha belirgindir. Küresel ısınma ve iklim değişikliğine karşı yeterli önlemler alınmadığı takdirde, dünya üzerindeki canlı yaşamını tehdit edecek çeşitli çevre sorunlarıyla karşı karşıya kalma olasılığımız oldukça yüksektir (Clayton et al., 2015; Yu ve ark., 2021). Küresel ısınma ve iklim değişikliği, birbirini tetikleyen ve ilişkili iki önemli çevre problemidir. Küresel ısınma, dünya üzerindeki canlı yaşamını etkileyen ve çevresel değişikliklere yol açan bir olgudur. Güneş ışınlarının atmosferde biriken sera gazları nedeniyle düzensiz şekilde üst tabakalara ulaşması, atmosferin alt katmanlarında ısınmanın artmasına neden olur (Jones & Wingley, 1990). NASA'nın araştırmalarına göre, küresel sıcaklıklar, dünyanın pek çok bölgesinde küresel ortalamanın üzerine çıkmış durumda. Küresel ısınmanın sonuçları ise her yerde kendini hissettiriyor: Deniz seviyelerinin yükselmesi, aşırı hava olaylarının daha sık görülmesi, orman yangınlarının ve sıcak hava dalgalarının artışı, kuraklıkların yaygınlaşması ve denizleri metrelerce yükseltebilecek suyu barındıran buz tabakalarının erimesi, bu sonuçlardan sadece birkaçıdır. Arktik Okyanusu'nun bu yüzyılın ortasına gelmeden yaz aylarında tamamen buzuz hale geleceği öngörülüyor. Antarktika, 2002'den bu yana her yıl yaklaşık 134 milyar metrik ton buz kaybediyor (NASA Raporu, 2019).



Şekil 1. Küresel ısınmanın etkileri

İklim değişikliği ise, insanların faaliyetleri sonucunda atmosferde biriken sera gazlarının atmosferin yapısını bozması ve iklimlerin normal döngüsünü sekteye uğratmasıyla anormal iklim olaylarının ortaya çıkması olarak tanımlanır (Polat & Dellal, 2016). Küresel ısınma, doğal ya da insan kaynaklı faaliyetlerle ortaya çıkan ve yeryüzünün ortalama sıcaklığını artıran iklim değişikliklerini ifade eder. Doğal yollarla da oluşabilse de küresel ısınmanın en önemli sebebinin ekonomik faaliyetler sonucu oluşan sera gazı etkisi olduğu söylenebilir. Atmosfer, yerçekiminin etkisiyle herhangi bir gök cisminin etrafını saran gaz örtüsüdür. Dünya'nın atmosferi, diğer gezegenlerle karşılaştırıldığında benzersiz bir yapıya sahiptir. Güneş sistemindeki diğer gezegenler, yaşamı sürdürebilmek için gerekli gaz karışımına veya ısı ve nem koşullarına sahip atmosferler bulundurmamaktadır. Dünya atmosferini oluşturan gazlar ve bu gazların oransal dağılımı, canlıların varlığı için hayati öneme sahiptir (Lutgens vd., 2019).



Şekil 2. İklim değişikliği ve etkileri

Atmosfer, %78 azot, %21 oksijen ve %1 diğer gazlardan oluşur. Atmosferin %99'unu oluşturan azot ve oksijen ısıyı tutma yeteneğine sahip değildir. Isıyı tutan gazlar ise atmosferin %1'lik kısmında yer alır ve bunlara sera gazları denir. Karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazot monoksit (N₂O), ozon (O₃), kloroflorokarbon (CFC), Sülfür Heksaflorür (SF₆) ve su buharı (H₂O) önemli sera gazlarını oluşturur. Su buharı dışındaki diğer sera gazlarının atmosferdeki oranı, insan etkinliklerinin doğrudan etkisi altındadır (Kurnaz, 2019). Sera etkisi, atmosferdeki gazların güneş ışınlarına karşı geçirgen olup, geri salınan uzun dalga boylu yer ışınımına karşı ise çok daha az geçirgen olması nedeniyle, yerkürenin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan doğal bir süreçtir (Türkeş, 2021). Atmosferin sera etkisinin hava sıcaklığı üzerindeki etkisi yaklaşık olarak 33°C civarındadır. Başka bir deyişle, sera etkisi olmasaydı dünyadaki ortalama hava sıcaklığının -18°C olması beklenirdi (Kadıoğlu ve Sonu, 2007).

Sera Gazları Nelerdir?

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), sera gazlarını "atmosferdeki kızıltötesi radyasyonu emen ve yeniden yayan, hem doğal hem de insan kaynaklı gaz oluşumları" olarak tanımlar. Atmosferde

yalnızca %1 oranında bulunan bu gazlar, dünya üzerinde bitki seralarındaki camların işlevine benzer bir rol oynar (Arıkan, 2006). Bu nedenle, atmosferdeki sera etkisini oluşturan gazlar "sera gazları" olarak adlandırılır ve "eser gazlar" olarak da bilinir. Bilim insanları, sera gazı yoğunluğundaki artışın en büyük nedenini atmosferdeki CO₂ seviyesinin artması olarak belirtmiştir. CO₂ oranındaki bu artışın başlıca sebebi ise fosil yakıtların yakılması ve insan faaliyetleridir (Uzunçakmak, 2014). Dünya, temel enerji kaynağı olan Güneş'ten gelen kısa dalga boylu radyasyonla ısınır. Bu radyasyonun bir kısmı Dünya tarafından geri yansıtılır. Yansıyan bu radyasyonun bir bölümü ise atmosferde bulunan sera gazları tarafından tutulur. Sera gazları, tıpkı bir seranın camları gibi ısıyı hapsederek gezegenimizin sıcaklığını artırır (IPCC, 2001; Erman, 2009).

Çizelge 1. Kyoto Protokolü'nde Esas Alınan Sera Gazları (Bekiroğlu, 2016)

İsim	Sembol	CO ₂ Eşdeğeri	Kaynak
Karbon dioksit	CO ₂	1	Fosil yakıtların yanması, orman yangınları, çimento üretimi
Metan	CH ₄	21	Landfill sahalar, petrol ve doğal gazın üretim ve dağıtımı, çiftlik hayvanlarının sindirim sistemlerindeki fermantasyon
Diazot monoksit	N ₂ O	310	N ₂ O fosil yakıtların yanması, gübreler, naylon üretimi
Hidroflorokarbonlar	HFCs	140-11.700	Buzdolabı gazları, alüminyum eritme, yarı iletken üretimi
Perflorokarbonlar	PFCs	6.500-9.200	Alüminyum üretimi, yarı iletken üretimi
Sülfür Heksaflorür	SF ₆	23.900	Elektrik iletim ve dağıtım sistemleri, magnezyum üretimi

Kyoto Protokolü, altı sera gazını temel alır. Bu gazların sembolleri, isimleri, CO₂ eşdeğeri (Küresel Isınma Potansiyeli - GWP) ve ana kaynakları belirtilmiştir (Çizelge 1). CO₂ eşdeğeri, CO₂ dışındaki diğer sera gazlarının, aynı miktarda CO₂'ye göre ne kadar daha fazla ısı tutma kapasitesine sahip olduğunu gösterir. Bu yöntemle, farklı sera gazları tek bir ölçü birimine dönüştürülerek emisyon hesaplamalarının daha anlaşılır olması sağlanır. Tabloya göre Sülfür Heksaflorür (SF₆) en tehlikeli sera gazı olarak görülmekte,

CO₂ ise en az tehlikeli olarak değerlendirilmektedir. Ancak CO₂, atmosferdeki miktarı açısından diğer gazlara kıyasla çok daha yüksek olduğu için genel etkisi en fazla olan gazdır (ÇŞB, 2018).

Karbondioksit (CO₂)

Karbon doğada atmosfer, okyanuslar, kara ve deniz canlıları ile mineral rezervleri arasında sürekli bir döngü içindedir. Bu döngünün en büyük iki bileşeni atmosfer-bitki örtüsü ve atmosfer-okyanus yüzeyi arasındadır. Ancak fosil yakıt kullanımı, sanayi faaliyetleri, hayvancılık, ulaştırma, arazi değişiklikleri ve gübreleme gibi insan kaynaklı etkinlikler, atmosferdeki karbon dengesini bozmuştur (DPT, 2000). Karbon, atmosferde genellikle CO₂ formunda bulunur (EPA, 2002). Sanayi Devrimi'nden itibaren CO₂ konsantrasyonu hızla artmış ve sanayi öncesi dönemdeki yaklaşık 280 ppm seviyesinden günümüzde %30 oranında yükselmiştir (IPCC, 2007; Uzunçakmak, 2014; EPI, 2018).

Metan (CH₄)

Metan gazı, atmosferin sadece %0,00018'ini oluşturmasına rağmen, küresel ısınmaya neden olan en önemli ikinci gazdır. Karbondioksit kadar tehlikeli olan metan, doğal yollarla birçok yerde oluşur. Atmosferdeki yoğunluğu karbondioksite göre düşük ve kalış süresi daha kısa olmasına rağmen, metan küresel ısınmaya büyük katkıda bulunur, çünkü kızılötesi ışınları soğurma gücü karbondioksitten çok daha yüksektir (Uzunçakmak, 2014). CO₂ artışı, dünyanın ısınmasına, buzulların erimesine ve bu durumun metan konsantrasyonunu artırmasına yol açar. IPCC'ye (2007) göre, atmosfere salınan metanın yaklaşık %50'si insan faaliyetlerinden kaynaklanır. Bu salınımın %30'u çiftlik hayvanlarından, %29'u pirinç tarlalarından, %21'i boru hatlarındaki sızıntılardan, %14'ü katı atıklardan ve %6'sı kömürden gelmektedir (Uzunçakmak, 2014).

Diazot monoksit (N₂O)

Azot ve oksijenin 250°C'de kimyasal reaksiyona girmesiyle oluşan diazot monoksit (N₂O), önemli bir sera gazıdır. Atmosferde az miktarda bulunan N₂O'nun sera etkisinin yaklaşık %8 civarında olduğu bilinmektedir (EPA, 2014). Karbondioksitin atmosferdeki kalış süresi 100 yıl iken, N₂O'nun kalış süresi 150 yıldır ve N₂O, karbondioksitin yaklaşık 300 katı sera etkisine

sahiptir (Uzunçakmak, 2014). Diazot monoksitin yaklaşık %90'ı toprakta oluşur ve sanayileşme öncesinde atmosferdeki konsantrasyonu yaklaşık 270 ppb iken, 2005 yılında 319 ppb'ye yükselmiştir. 1750 yılından bu yana atmosferdeki N₂O konsantrasyonu %16 artmış ve 1980 yılından itibaren artış hızı sabit kalmıştır (IPCC, 2007).

Kloroflorokarbonlar, Perflorokarbonlar, Hidroflorokarbonlar ve Kükürt Heksaflorür

1930'larda üreilmeye başlanan kloroflorokarbon (CFC) bileşenleri, küresel ısınmaya önemli derecede katkıda bulunur. Bu kimyasal maddeler, yüksek kimyasal kararlılıkları sayesinde yaklaşık 100 yıl boyunca atmosferde parçalanmadan kalabilir ve ısıyı tutma kapasitesi karbondioksitten 20.000 kat daha fazladır (Uzunçakmak, 2014). CFC'ler ve diğer halokarbonlar (HCFC, metil kloroform, karbon tetraklorid, halonlar, metil bromid, HBFC) doğada bulunmayan insan yapımı kimyasallardır ve sanayileşme ile yaygınlaşmıştır (EPA, 2014). Bu gazların stratosferdeki zararlı etkilerini sınırlamak için Birleşmiş Milletler, 22 Mart 1985'te Montreal Protokolü'nü imzalamış ve CFC'lerin kullanımını yasaklamıştır (Akbulut, 2009).

Atmosferde %0.1'den daha düşük oranda bulunan ve doğal sera gazları olarak bilinen karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotoksit (N₂O), kloroflorokarbonlar (CFC'ler), ozon (O₃) ve su buharı (H₂O), güneşten gelen ışınlar karşısında geçirgen, ancak yeryüzüne geri yansıyan ışınlar karşısında daha az geçirgendir. CFC dışındaki sera gazlarının tamamı doğal olarak atmosferde bulunur. Ancak günümüzde bu gazların oranları, olması gereken seviyelerin çok üzerine çıkmıştır. Bu gazlar arasında en önemlisi karbondioksittir. İnsan faaliyetleri, özellikle fosil yakıtların kullanımı ve ormanların yok edilmesi, karbondioksitin son 200 yılda, özellikle de son 50 yılda atmosfere salınan miktarını artırmıştır (Houghton, 2009). Tüm sera gazları arasında, atmosferde tipik olarak 100 yıl kalan CO₂, en zararlı olanıdır. CH₄ ve N₂O, CO₂ ile kıyaslandığında daha güçlü sera gazlarıdır; ancak atmosfere yayılan miktarları CO₂'dan çok daha azdır. Su buharı, atmosferde en bol bulunan gazdır ve çoğunlukla insan faaliyetleri tarafından etkilenmez. Ozon (O₃) ise sera etkisine en az katkıda bulunan nadir bir gazdır (Gifford, 2021). Sera gazları atmosferde bulunmasaydı, yeryüzü sıcaklık ortalaması 15°C yerine -18°C olurdu ve bu, dünyada canlıların yaşama olasılığını oldukça azaltırdı. Temel sorun,

atmosferdeki sera gazlarının varlığı değil, bu gazların insan faaliyetleri sonucunda oranının artmasıdır (Akın, 2006; Arıkan ve Özsoy, 2008; Öztürk ve Öztürk, 2019). 2021 güncel verilerine göre, dünya genelinde sera gazlarının %43 gibi önemli bir kısmı Çin ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) tarafından salınmaktadır. Çin, yıllık 9300 milyon tonluk karbondioksit (CO₂) salınımı ile ilk sırada yer alırken, ABD yıllık 4800 milyon tonluk CO₂ salınımı ile ikinci sıradadır. Türkiye ise 378.6 milyon tonluk CO₂ gazı salınımı ile dünya genelinde 16. sırada yer almakta ve ülkeler arasında %1 oranında bir paya sahiptir (DellaPergola, 2022).

Uluslararası Arenada İklim Değişikliği Sorunu

İklim değişikliği, küresel bir tehdit olduğu için, hiçbir devlet tek başına bu sorunla başa çıkamaz veya sadece kendi çabalarıyla olumsuz etkilerden kaçınmaz. Bu nedenle, devletlerin iklim değişikliğinin getirdiği tehlikelerden kurtulmak ya da etkilerini sınırlamak için küresel bir sorumluluk bilinciyle hareket etmeleri gerekiyor. Ancak, iklim değişikliğine karşı alınan önlemlerin getirdiği ekonomik maliyetler, devletlerin bu küresel mücadeleye direnmesine neden olabiliyor. Çünkü bu tür tedbirler, sanayi, ulaşım ve tarım gibi birçok ekonomik sektörün yeniden yapılanmasını zorunlu kılmaktadır. 1979 yılında 50 ülkeden birçok bilim insanının katılımıyla gerçekleştirilen Dünya İklim Konferansı, atmosferdeki karbon dioksit birikiminin olumsuz etkilerini ilk kez uluslararası düzeyde tanıyarak iklim değişikliği konusunda farkındalık oluşturdu. Bu konferansın hemen ardından, 1988 yılında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Dünya Meteoroloji Örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) işbirliğiyle hükümetlere ve resmi kuruluşlara iklimle ilgili politikaların oluşturulmasında kullanılacak bilimsel bilgi sağlamak amacıyla kuruldu (IPCC, 2013). Bilim, çevresel ve sosyoekonomik tehlikelerin farkına varılmasında, gelecekteki senaryoların öngörülmesinde ve alınacak önlemlerin şekillenmesinde önemli bir rol oynadı. 1980'lerin sonlarına gelindiğinde, gelişmiş ülkeler arasında iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik uluslararası çabaların gerekliliği konusunda bir farkındalık oluşmuştu. Ancak, alınan önlemler ve bu önlemlerin uluslararası arenada ifade edilme tarzı bakımından ülkeler arasında ciddi farklılıklar mevcuttu (Cass, 2010). 1988'de Malta tarafından Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'na sunulan bir teklifle, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Konvansiyonu'nun (UNFCCC)

oluşturulması için ilk adım atıldı ve 1992'de Rio'da düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya açıldı. Bu konvansiyon, iklim değişikliğiyle daha etkili bir şekilde mücadele edebilmek için düzenli olarak gözden geçirilecek bir çerçeve sağladı (Davenport, 2017). Konvansiyon, yeterli sayıda devlet tarafından onaylanmasının ardından 1994'te yürürlüğe girdi. Sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması konusunda genel bir fikir birliği olmasına rağmen, bu alanda sınırlı bir ilerleme kaydedildi. 1997 yılında imzalanan ve 2005'te yürürlüğe giren Kyoto Protokolü, çok taraflı müzakerelerin ilk somut başarısı olarak ortaya çıktı. Bu protokol, gelişmiş ülkelerin iklim değişikliğine katkıları nedeniyle daha fazla taahhüt altına girmelerini sağladı (Belis et al., 2015). Sera gazı emisyonlarının küresel ölçekte artmaya devam etmesi ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin daha fazla hissedilir hale gelmesi üzerine, gelişmiş ülkelerin bağlayıcı yükümlülükler üstlenmeleri için Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'nin niteliğini güçlendirmek amacıyla Kyoto Protokolü müzakere edildi. Protokol, BMİDÇS'nin Kyoto'da 1997 yılında yapılan 3. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiş ve 2005 yılında yürürlüğe girmiştir (Gifford vd., 2021). Kyoto Protokolü ile gelişmiş ülkelere daha fazla sorumluluk yüklenmiştir. 20. yüzyılın sonlarına doğru iklim değişikliğiyle mücadele çabaları yoğunlaşmış ve bu çabaların uluslararası siyasetteki ağırlığı 21. yüzyılda daha da artmıştır. Bu dönemde alınan tedbirler, sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik adımlar ile iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini hafifletmeye yönelik önlemler olarak iki başlık altında toplanmıştır. Kyoto Protokolü'nün yürürlük süresinin dolmasının ardından, yeni uluslararası standartların belirlenmesi için görüşmeler 2009 yılında başlamıştır. Paris İklim Anlaşması, 2015 yılında 195 ülkenin katılımıyla imzalanmış ve 2017'de yürürlüğe girmiştir. Anlaşma, sanayi devrimi sonrası dönemde gerçekleşen sıcaklık artışının yüzyılın sonunda 2 derece ile sınırlı kalmasını hedeflemektedir. Paris İklim Anlaşması, ülkelerin ekonomik çıkarları ile iklim hedefleri arasında denge kurmalarına olanak tanıyan, gönüllü katılıma ve ulusal hedeflerin belirlenmesine dayalı bir yaklaşım benimsemiştir (Unver, 2017). Ancak, bu hedeflerin belirlenen 2 derece hedefine ulaşmakta yetersiz kalabileceği belirtilmektedir (Sağsen, 2017). Türkiye, iklim değişikliğinin etkileriyle mücadele etmek amacıyla uluslararası sözleşme ve protokollere katılmanın yanı sıra, 29 Ekim 2021 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın

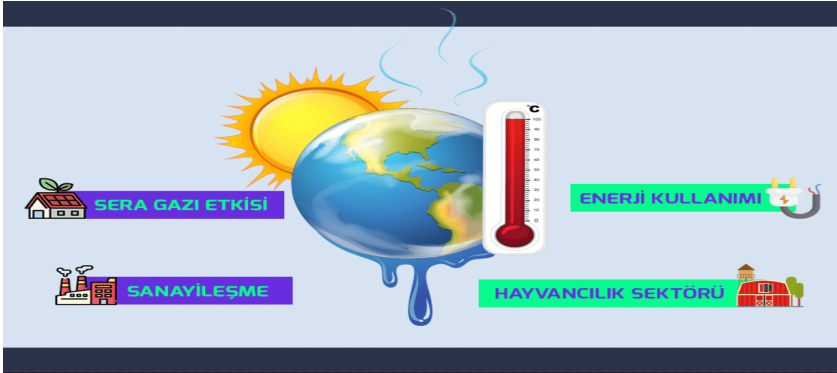
ismini Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olarak değiştirmiş ve bakanlığa bağlı İklim Değişikliği Başkanlığı'nı kurmuştur (Kurnaz, 2019).

İklim Değişikliğine Neden Olan Küresel Isınmayı Azaltmaya Yönelik Çözüm Önerileri

Günümüzde "küresel ısınma" terimi, iklimin sadece doğal nedenlerle değil, aynı zamanda insan etkisiyle de ısındığını kabul eden birçok bilim insanının görüşünü yansıtmaktadır. Bu anlayışa göre, küresel ısınma Dünya'daki yaşamı tehdit eden bir olgu haline gelmiştir (Waskey, 2012). Son yüzyılda zemin seviyesinde ölçülen ortalama küresel hava sıcaklığı yaklaşık 0.8°C artış göstermiştir. Bu artış ilk bakışta küçük gibi görünebilir, ancak son buzul çağıının zirvesinden bu yana geçen 20 bin yılda Dünya'nın sadece 4°C ısındığı göz önüne alındığında, bu artış ısınma oranında keskin bir yükselişi işaret etmektedir (Woodward, 2008). Buna karşın, küresel ısınmanın etkilerine şüpheyle bakanlar, atmosferdeki CO2 seviyelerinin artmasının küresel ısınmayı tetiklemeyeceğini veya etkilerinin çok küçük olacağını, hatta büyük miktardaki ısınmaya karşı doğal geri bildirimlerin devreye gireceğini öne sürmektedirler (Maslin, 2004; Lindzen, 2009; Spencer ve Braswell, 2011). Ancak, doğa iklim değişikliğiyle ilgili işaretleri açıkça sunmaktadır ve bu işaretler gözden kaçırılmaz (Kadioğlu, 2007). Bilim dünyasının büyük bir kısmı, mevcut küresel ısınmanın insan kaynaklı olduğunu ve bu sorunun çözümünün insan eylemlerine bağlı olduğunu savunmaktadır. Küresel ısınma ile mücadelede, fosil yakıtların kullanımını azaltmak veya ortadan kaldırmak temel çözüm olarak görülmektedir, çünkü bu yakıtlar karbondioksit (CO2) emisyonlarına neden olmaktadır. Çevreciler, emisyonları geçmiş on yılların daha düşük seviyelerine döndürmek amacıyla Birleşmiş Milletler (BM) ve dünya genelindeki hükümetleri harekete geçmeye çağırmaktadır (Waskey, 2012). Bu bağlamda, küresel ısınmayı hafifletmeye yönelik stratejiler geliştirmek son dönemde araştırmacıların büyük ilgisini çekmektedir. Literatürde, iklim değişikliğini azaltmak için üç ana yaklaşım tartışılmaktadır:

- a. **Geleneksel Azaltma Çabaları:** Bu yaklaşım, yenilenebilir enerji, yakıt değişimi, verimlilik kazanımları, nükleer enerji ve karbon yakalama gibi karbonsuzlaştırma teknolojilerini kullanır (Shinnar ve Citro, 2008; Ricke vd., 2017; Victor vd., 2018; Bataille vd., 2018; Bustreo vd., 2019).

- b. **Negatif Emisyon Teknolojileri:** Bu yeni teknikler, atmosferden CO₂ yakalama ve izole etme üzerine odaklanır ve karbondioksit giderme yöntemleri olarak da bilinir. Yaygın teknikler arasında biyoenerji, karbon yakalama ve depolama, doğrudan havadan karbon yakalama, toprak karbon depolaması ve ağaçlandırma bulunur (Lawrence vd., 2018; Palmer, 2019; Yan vd., 2019; Goglio vd., 2020).
- c. **Radyatif Zorlama Jeomühendisliği:** Bu yöntemler, güneş ve karasal radyasyonun yönetimi yoluyla dünyanın radyasyon dengesini değiştirmeyi amaçlar. Teknikler arasında stratosferik aerosol enjeksiyonu, deniz gökyüzü aydınlatması, uzay tabanlı aynalar ve yüzey tabanlı aydınlatma bulunur. Bu teknikler teorik aşamada olup, büyük ölçekli uygulamalarda belirsizlik ve risk taşır (Lawrence vd., 2018; Lockley vd., 2020). Araştırmada, uygulanabilirliği daha somut olan birkaç ana konu ele alınmıştır. Bunlar;
- Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları
 - Karbon Yakalama ve Depolama Teknolojileri
 - Ormanlaştırma ve Karbon Yutakları
 - Sürdürülebilir Tarım ve Toprak Yönetimi
 - Sürdürülebilir Ulaşım ve Mobilite



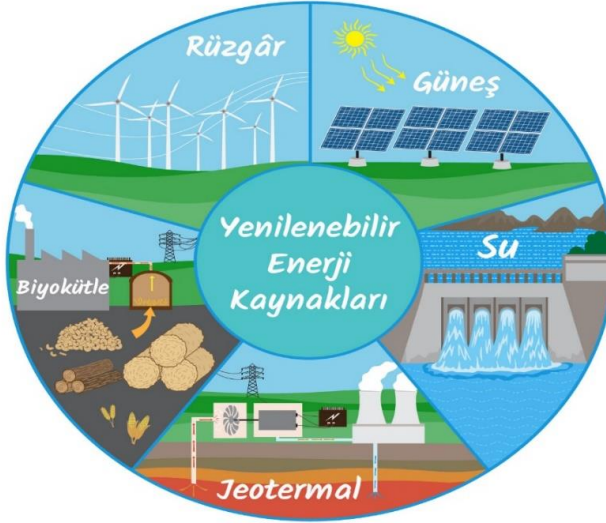
Şekil 3. Küresel ısınma nedenleri

a) Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynakları

Küresel düzeyde yaşanan üç önemli süreç, enerji ve çevre ile ilgili sürdürülebilirlik kaygılarını canlı tutmaktadır. Bunlardan ilki, artan enerji tüketiminin neden olduğu karbon salınımının küresel iklim değişikliklerine yol

açmasıdır. İkincisi, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı şehirleşmenin, şehirlerin sürdürülebilirliği üzerinde olumsuz etkiler yaratabilen bir sorun haline gelmesidir. Üçüncüsü ise, fosil yakıtların ömrünün kısalması nedeniyle alternatif enerji kaynaklarına olan ihtiyacın artmasıdır. Bu üç önemli gelişmeye karşı ülkeler, enerji, çevre ve şehirleşme politikalarında radikal değişiklikler yaparak ve yeni projeler hayata geçirerek tepkiler vermektedirler. Enerji güvenliği, bu süreçlerde öncelikli politika alanlarından biri haline gelmiştir. Kişi başı milli geliri yüksek olan Avrupa ülkeleri ve diğer birçok ülke, enerji güvenliğini artırmak amacıyla ithal enerji bağımlılığını azaltan politikalara yönelmekte, bu alana finansal kaynaklar aktarmakta ve ilgili projeleri desteklemektedir (Kavaz, 2019; EESI, 2019; UEA, 2019). Küresel enerji talebi, hızlı nüfus artışı, kentleşme ve ekonomik büyüme gibi çeşitli nedenlerden dolayı hızla artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'na (2017) göre, artan nüfusla birlikte küresel enerji talebinin 2017-2040 yılları arasında %30 oranında artacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle, aşırı nüfus ve enerji tüketiminin olumsuz etkilerini en aza indirmek için yenilenebilir enerjiden daha fazla yararlanılması, temiz teknolojilere yapılan yatırımların artırılması ve enerji verimliliğinde iyileşmeler sağlanabilecek sürdürülebilir bir küresel enerji sistemine geçiş büyük önem taşımaktadır (Bhattacharya vd., 2016). Son yıllarda, enerji verimliliği, hükümetlerin enerji tüketimini iyileştirerek ve çevresel hedeflere ulaşarak karbon emisyonlarını azaltmayı amaçlayan yeşil büyüme stratejilerinin bir parçası haline gelmektedir (Bayar ve Gavriltea, 2019). Yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarının yoğun tüketimi çevresel kirlenmeyi artırmakta, bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla odaklanması gerekmektedir. Yenilenebilir Küresel Durum Raporu'na (2018) göre, yenilenebilir enerji 2016 yılında dünya nihai enerji tüketiminin yaklaşık %18.2'sini sağlamıştır. Literatürde, çeşitli modern yenilenebilir enerji teknolojileri geniş bir şekilde ele alınmaktadır. Bu teknolojiler arasında fotovoltaik güneş enerjisi, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri, ısıtma ve soğutma uygulamaları için güneş termal enerjisi, kara ve deniz rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji, deniz enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi ve biyoyakıtlar öne çıkmaktadır (Hussain vd. 2017; Mathy vd. 2018; Gude ve Martinez-Guerra 2018; Shivakumar vd. 2019; Kusch-Brandt, 2019; Østergaard vd. 2020). Yenilenebilir enerji sistemlerini tarım özelinde değerlendirdiğimizde, tarım sektörünün geniş arazi yüzeyleri ve biyokütle

kaynakları sayesinde yenilenebilir enerji üretimi için büyük bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Tarım alanları, rüzgar ve güneş enerjisi parklarının kurulumu için uygun koşullar sunar ve tarım ürünlerinin kalıntıları biyoenerji ve biyoyakıt üretimi için değerli hammaddeler sağlar (Gürbüz ve Kadağan, 2019; 2022). Artan enerji maliyetleri ve çevresel sorunlar, geleneksel enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltma ihtiyacını ön plana çıkarmıştır. Bu durum, sürdürülebilir ve temiz enerji çözümlerine yönelimi teşvik etmiştir (Marcelis ve Heuvelink, 2019). Özellikle güneş enerjisi, tarım sistemlerine entegre edilebilecek etkili bir yenilenebilir enerji kaynağıdır (Dhonde vd., 2022). Yenilenebilir enerji kullanımı, çiftliklerin fosil yakıtlardan uzaklaşmasını sağlayarak enerji tasarrufu yapmalarına ve kırsal bölgelerde ekonomik kalkınma fırsatları yaratmalarına yardımcı olur (EIP-AGRI, 2019). Ayrıca, çiftliklerde kullanılan yenilenebilir enerji teknolojileri, çeşitli enerji ihtiyaçlarını karşılayabilir ve üretilen enerjiyi elektrik veya gaz şebekelerine aktarabilir (Özkan ve Gürbüz, 2019).



Şekil 4. Yenilenebilir enerji kaynakları

b) Karbon Yakalama ve Depolama Teknolojileri

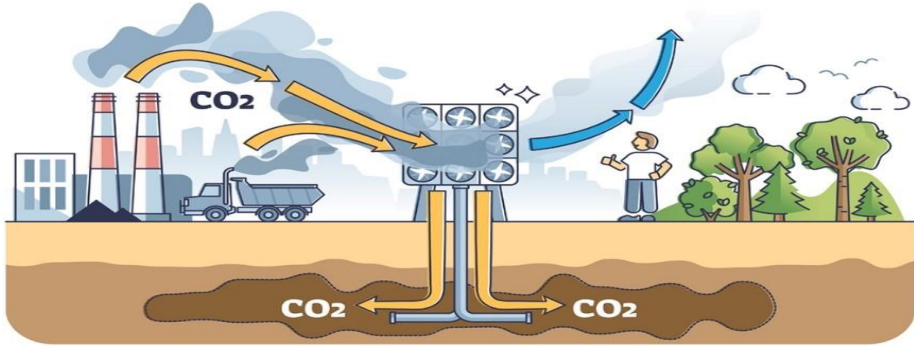
Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan "1,5°C'lik Küresel Isınma" raporu, küresel sıcaklık artışını 1,5°C ile sınırlamak için dört senaryo önermektedir. Bu senaryolardan üçünün, Karbon Yakalama ve Depolama (KYD) teknolojilerinin yoğun kullanımını içerdiği

belirtilmektedir; KYD içermeyen senaryo ise insan davranışında en radikal değişiklikleri gerektirmektedir (IPCC, 2018). Ek olarak, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ve Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından hazırlanan ortak raporda, 2050 yılına yönelik senaryolarda KYD'nin enerji verimliliği iyileştirmelerinden sonra sera gazı salımlarını azaltmaya en büyük ikinci katkıyı sağlayacağı öngörülmektedir (OECD/IEA, 2016; Philibert, 2007). Ayrıca, IEA'nın 2020 enerji teknolojisi perspektifleri raporunda, KYD'nin, yenilenebilir enerji temelli elektrifikasyon, biyoenerji ve hidrojen gibi diğer önemli alanlarla birlikte küresel enerji geçişlerinin dört temel taşından biri olarak merkezi bir rol oynaması gerektiği vurgulanmaktadır. KYD, fosil yakıtlar veya biyokütle kullanan enerji üretim ve endüstriyel tesislerden çıkan karbondioksiti atmosfere salmadan düşük karbonlu bir şekilde yönetmeyi amaçlayan bir teknolojidir. Literatürde, karbon depolama seçenekleri arasında tükenmiş petrol ve gaz sahaları, kömür yatakları ve içme suyu için kullanılmayan yer altı tuzlu akiferler yer almaktadır (Vinca vd. 2018). Ancak, karbon yakalama, depolama ve kullanım teknolojilerinin büyük ölçekli uygulanabilirliği henüz kanıtlanmamıştır. Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre, 2018 itibarıyla faaliyette olan sadece iki karbon yakalama ve depolama projesi bulunmaktadır ve bu projelerin toplam yıllık yakalama kapasitesi 2,4 MtCO₂'dir (IEA, 2020). KYD süreci üç aşamadan oluşur: yakalama, taşıma ve depolama veya kullanım.

2.1. Yakalama: İlk aşamada, endüstriyel tesislerden kaynaklanan CO₂, elektrik üretimi, demir çelik üretimi, gübre, çimento, kimyasallar ve rafinaj gibi sektörlerde yakalanır. CO₂ yakalamanın üç ana yöntemi vardır: ön-yanma, yanma sonrası ve oksijen-yakıt yanma. Bu yöntemler sayesinde CO₂'nin %95'inden fazlası yakalanabilir. En yaygın ve gelişmiş yakalama teknolojileri kimyasal absorpsiyon ve adsorpsiyondur; diğer teknolojiler arasında membranlar ve kalsiyum döngüsü yer alır. Hangi teknolojinin kullanılacağı, baca gazının bileşimi, CO₂ konsantrasyonu, debisi, çalışma basıncı, sıcaklığı ve maliyet gibi faktörlere bağlıdır (GCCSI, 2021; Leung, Caramanna ve Maroto-Valer, 2014).

2.2. Taşıma: Yakalanan CO₂ sıkıştırılır ve uygun bir depolama alanına veya kullanım tesisine taşınır. Bu taşıma genellikle boru hatları veya gemilerle yapılır.

2.3. Depolama/Kullanım: CO₂ yerin birkaç bin metre derinliğine (0,8-3 km) seçilmiş jeolojik haznelere, örneğin tükenmiş petrol ve gaz sahalarına veya tuzlu su akiferlerine enjekte edilerek atmosferden kalıcı olarak izole edilir. Alternatif olarak, yakalanan CO₂ endüstriyel kullanımlar için değerlendirilebilir. Bu kullanım alanları arasında “Enhanced Oil Recovery (EOR)” olarak bilinen Gelişmiş Petrol Geri Kazanımı, sentetik yakıtların, kimyasalların ve yapı malzemelerinin üretimi ile temiz havacılık yakıtlarının üretimi bulunur (IEA, 2020).



Şekil 5. Karbon yakalama ve depolama

c) Ormanlaştırma ve Karbon Yutakları

Ormanlar, yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden biri olup, okyanuslardan sonra en büyük karbon havuzlarını oluşturur. Bu nedenle, ağaçlandırma ve yeniden ormanlaştırma uygulamaları hem yenilenebilir enerji kaynağı olarak hem de büyük bir karbon havuzu olarak 2050 hedeflerine ulaşmada kritik bir rol oynamaktadır. Avrupa Birliği, sera gazı emisyonlarını düzenleyen 529/2013 sayılı kararında, arazi kullanımının bütünsel bir yaklaşımla ele alınması gerektiğini belirtmektedir. Ayrıca, Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımındaki Değişiklikler ve Ormanlık konularının Avrupa Birliği iklim politikaları çerçevesinde değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Avrupa Birliği, 2030 iklim ve enerji çerçevesinde sera gazı emisyonlarını düzenleyen 525/2013 nolu yönetmelik ve 529/2013 sayılı kararı, 2018/841 sayılı yönetmelik ile güncellemiştir (EU, 2018). Ormanlar, Avrupa Birliği'nin sera gazı emisyonlarının yaklaşık %70'ini temsil eden bir sektörde bulunur. Avrupa Birliği, sürdürülebilir orman yönetiminin emisyonları büyük ölçüde

sınırladığını fark etmiştir (D'Amato vd., 2011; Sharma vd., 2016). Bu nedenle, sürdürülebilir orman yönetimi, atmosferdeki sera gazı emisyonlarını azaltmada önemli bir potansiyel taşıır. Yapay ormanlar, 1991-2015 döneminde toplam ormanlık alanın %7'sini oluşturmuş ve bu ormanlar, doğal orman yutaklarıyla karşılaştırıldığında küresel karbon yutaklarının sebeplerinden biri olarak görülmektedir (Federici vd., 2015). Türkiye'de, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Seferberliği Eylem Planı (2008-2012) ve Erozyonla Mücadele Eylem Planı (2013-2017) ile yapay ormanların %50'den fazla artış göstermesi sağlanmıştır (FAO, 2014). Sürdürülebilir orman yönetimi, ormanlardaki karbon stoklarını (topraküstü ve toprakaltı biyokütle, ölü odun, ölü örtü ve toprak dahil) koruyarak ve genişleterek iklim değişikliğini azaltmaya katkıda bulunur (SFC, 2010). Avrupa Birliği, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerine kıyasla %80 oranında azaltmayı hedeflemiş ve bu doğrultuda %31'lik bir azalma sağlamıştır. Mart 2023'te üye devletler, enerji ve iklim hedeflerine ulaşmak amacıyla 3000'den fazla politika ve önlem bildirmiştir. Avrupa genelinde uygulanan mevcut tedbirlerin, uluslararası havacılık dahil olmak üzere, 2030 yılına kadar toplam net sera gazı emisyonlarını %43 oranında azaltacağı öngörülmektedir. Ek olarak planlanan yeni tedbirlerle bu azalmanın %48'e çıkması beklenmektedir. Bu hedefe ulaşmada, karbon yutakları olarak işlev gören orman sektörü ise kritik bir rol oynamaktadır (Akdemir, 2020; AÇA, 2023). Ağaçlandırma ve yeniden ormanlaştırma hem yenilenebilir enerji kaynağı olarak hem de büyük bir karbon havuzu olarak düşük karbon ekonomisine katkıda bulunur (Ding vd., 2016).



Şekil 6. Ormanlaştırma ve karbon yutakları

d) Sürdürülebilir Tarım ve Toprak Yönetimi

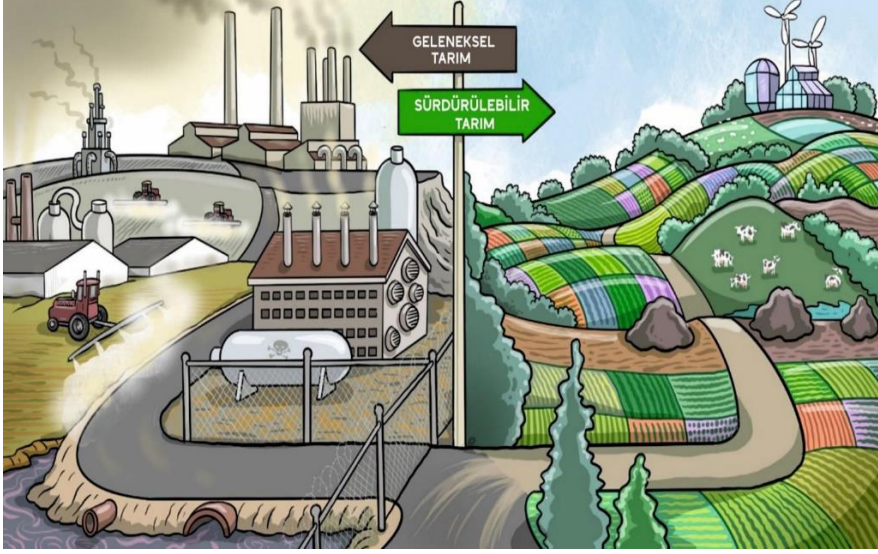
Küresel ısınmanın %75'inin nedeni fosil yakıtların kullanımına bağlı olarak şehirleşme, ulaşım ve endüstri faaliyetlerinden kaynaklanırken, tarımsal faaliyetler geriye kalan %25'lik dilimi oluşturmaktadır (MacCracken, 2001; Houghton, 2005; Pathak ve Wassmann, 2007). Tarımsal üretimde toprağın işlenmesi, motorların egzoz gazları, sulama yöntemleri, gübre miktarları ve hayvancılık gibi unsurlar bu oranı artırmaktadır (Vurarak ve Bilgili, 2015). Zirai ilaçlar ve kimyasal gübrelerin yanlış kullanımı, aşırı sulama ile birlikte sera gazı salınımını artırmakta, küresel ısınmaya katkıda bulunmakta ve tarımın iklim değişikliğinden olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır. Tarımın küresel iklim değişikliğine etkisi %14, arazi kullanımının etkisi ise %17 olarak bildirilmiştir (Gürel ve Şenel, 2010). Günümüzde karşılaşılan en büyük zorluklardan biri, artan dünya nüfusunu beslemek ve güvenli gıdaya erişimi sağlamaktır (FAO, 2021). Ancak bu sorunları çözmeye çabaları, tarımsal faaliyetlerin iki ucu keskin bir bıçak gibi kullanılmasıyla sonuçlanmıştır. Bir yandan, birim alandan daha fazla ürün almak için doğal dengeyi bozucu faaliyetler ve bunların çevresel maliyetleri, diğer yandan ise doğal dengeyi koruyarak daha az üretim elde etme ve sürdürülebilirliği ön planda tutma seçenekleri arasında kalınmıştır (Ağırağaç ve Zorer Çelebi, 2022). İnsanoğlu, birinci seçeneği tercih ederek küresel iklim değişikliği gibi ağır bir faturayı sonraki nesillere bırakmıştır (EPA, 2022). İklim değişikliği ile mücadelede önerilen çözümler genellikle sera gazı emisyonlarını yavaşlatmayı veya durdurmayı hedefler. Ancak mevcut atmosferdeki fazla karbonu ortadan kaldırmak da mümkündür. Okyanuslar ve kara parçaları, atmosferdeki karbon için yutak görevi görür (Ontl ve Schulte, 2012). Okyanusların bu rolü üstlenmesi, teknolojik eksiklikler ve yüksek maliyetler nedeniyle belirsizdir (Mazzoldi ve ark., 2012).



Şekil 7. İklim değişikliğinin tarım üzerindeki doğrudan, dolaylı ve sosyo-ekonomik etkileri (Raza vd., 2019)

Buna karşın, arazi kullanımını ve yönetimini değiştirerek toprağın büyük miktarda karbonu tutabileceği bildirilmiştir (Kane, 2015). Bu noktada sürdürülebilir tarım ve toprak yönetimi hayati bir önem kazanmaktadır. Sürdürülebilir tarım, tarım ve çevrenin bir bütün olarak ele alınması gerektiğini savunur ve doğal kaynakların gelecek nesiller için de fayda sağlayacak şekilde yönetilmesini vurgular (Dişbudak, 2008). Bu kapsamda, sürdürülebilir tarım uygulamaları, kimyasal girdilerin kullanımını kontrol altına alarak, insan ve çevre sağlığına zarar vermeyecek şekilde uygulanmasını sağlar (Hasdemir, 2011). Agroekoloji, permakültür, karbon çiftçiliği, biyodinamik tarım, iklim akıllı tarım ve bütüncül yönetim gibi sistemlerin temelinde de sürdürülebilirlik

anlayışı bulunmaktadır (Holmgren, 2007; Savory ve Butterfield, 2016; Codur ve Watson, 2018; Baumber vd., 2020).



Şekil 8. Sürdürülebilir tarım

e) Sürdürülebilir Ulaşım ve Mobilite

Ulaşım sektörü, çevre, toplum ve ekonomi üzerindeki küresel etkileri nedeniyle sürdürülebilirlik çalışmalarının merkezindedir. Bu sektör, ekonomik büyümenin önemli bir parçasıdır ve hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde artan ulaşım talebini karşılamak üzere hızla genişlemektedir. Ancak bu büyüme, enerji tüketimi ve karbon ayak izinde artışa yol açarak birçok ülkede sorun teşkil etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre, ulaşım sektörü elektrik ve ısı üretiminden sonra en fazla karbon ayak izi salan sektördür ve bu emisyonların %70'inden fazlası karayolu ulaşımından kaynaklanmaktadır (Özen ve Tüydüş-Yaman, 2013). Dünya Bankası'nın 2017 tarihli "Sustainable Mobility for the 21st Century" raporuna göre, 2030 yılına kadar yolcu trafiğinin %50 artması ve yük hacminin küresel olarak %70 büyümesi beklenmektedir. Bu rapor, sürdürülebilirliğe odaklanan uzun vadeli bir bakış açısının ulaşım sektörünün geleceği için kritik olduğunu vurgulamakta ve küresel ölçekte sürdürülebilir ulaşım hedefinin önemine işaret etmektedir (Mohieldin ve Vandycke, 2017). Türkiye'de de sürdürülebilir ulaşımına verilen

önem giderek artmaktadır. 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda sürdürülebilirlik ve ulaşım kavramları birlikte ele alınmış ve bu yaklaşım 11. Kalkınma Planı'nda da devam ettirilmiştir. Şehirlerdeki artan nüfus ve trafik yoğunluğunu yönetmek amacıyla akıllı ulaşım sistemleri, çevre dostu yollar ve enerji üreten yollar gibi uygulamalar önerilmektedir (Önder ve Akdemir, 2019). 2008 yılında yayımlanan Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Yönetmelik ve 2014-2023 Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi, sürdürülebilir kentsel ulaşım planları ve entegre ulaştırma sistemlerinin önemine dikkat çekmektedir (Önder ve Akdemir, 2019). Ulaşım sektörü, enerjiyle bağlantılı sera gazı emisyonlarının %16,2'sini oluşturarak küresel iklim değişikliğine en hızlı katkı sağlayan unsurlardan biridir (Our World in Data, 2020). Avrupa Birliği ve OECD ülkeleri, dünya genelindeki CO2 emisyonlarının yaklaşık %30'undan sorumludur; bazı gelişmiş ülkelerde bu oran %40'a kadar çıkabilmektedir. Türkiye'de ise bu oran %18 civarındadır (Civelekoğlu ve Bıyık, 2018). İklim eylemleri genellikle iki stratejiye dayanır: atmosferdeki sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik önlemler almak ve toplumları iklim değişikliğinin etkilerine karşı dirençli hale getirmek için uyum stratejileri geliştirmek (World Resources Institute (WRI), 2020).

Kentlerde ulaşım sistemlerinin iklim değişikliğine olan etkisini azaltmak için alternatif bir çözüm olarak akıllı ulaşım sistemleri önerilmektedir. Bu sistemler, akıllı kent modeline doğrudan katkı sağlar (Jurak vd., 2018) ve sürdürülebilir mobilitenin temelini oluşturur (Battara vd., 2018). Akıllı ulaşım sistemlerini tanımlayan birçok araç ve işletim sistemi bulunmaktadır; bunların kentlerde en yaygın kullanılanı ise elektrik enerjisiyle çalışan araçlardır. Elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçlara kıyasla enerji verimliliği, enerji geri kazanımı, sessiz çalışma ve gürültü kirliliğinin azaltılması gibi avantajlar sunmaktadır (Özbay vd., 2020). Bu araçlar, daha az sera gazı salımı yaparak çevreye daha az zarar verir. Kentlerde, bireysel araçlar yerine elektrikli araçlar, toplu taşıma araçları ve hatta elektrikli bisikletler veya paylaşımlı bisikletlerin kullanımının artırılması gerekmektedir. Ulaşım sistemlerinde enerji verimliliğini artırmak ve karbon salınımını azaltmak için atılabilecek adımlar arasında; karayolu, demiryolu, havayolu ve denizyolu ulaşım oranlarının düzenlenmesi, motorlu kara taşıtlarının motor teknolojilerinin geliştirilmesi ve verimlilik standartlarının yükseltilmesi, ayrıca alternatif enerji kaynaklı araçlara geçiş yapılması sayılabilir (Ünal ve Polat, 2023). Teknolojinin

ilerlemesiyle, elektrikli araçlar şu an şarj kabloları ile şarj ediliyor olsa da, yakın gelecekte şarj işlemleri asfalt üzerine kurulacak sistemlerle yapılabilecek hale gelecektir. Daha da önemlisi, toplu taşıma sistemlerinde, ray üzerinde otomatik olarak ilerleyen ve kişisel istikametlere erişimi mümkün kılan kendinden sürürlü kapsüllerin kullanılması beklenmektedir (URL-1, 2017). Akıllı uygulamalarla bu araçları tek bir komutla hareket ettirmek mümkün olacaktır. Geleceğin ulaşım sistemleri aynı zamanda yeraltı ulaşımını da değiştirmeye hazırlanmaktadır. Örneğin, geliştirilecek turbo kapsüller sayesinde yolcular, sürtünmesiz ve aerodinamik direnci minimize eden bir tüp sistemi aracılığıyla, oldukça yüksek hızlarda istedikleri istikamete kısa sürede ulaşabileceklerdir ve tüm bu sistemler enerji verimliliği açısından çevre dostu olacaktır (URL-1, 2017).



Şekil 9. Sürdürülebilir ulaşım

Sonuç

Küresel ısınma ve iklim değişikliği, dünyamızın karşılaştığı en büyük çevre sorunlarından biridir. Bu sorunların etkilerini azaltmak ve uyum sağlamak için hızlı ve etkili önlemler almak hayati öneme sahiptir. Sanayi Devrimi'nden bu yana teknolojik ilerleme ve küreselleşme, küresel ısınma ve çevre kirliliğini gündeme getirmiştir. Fosil yakıt kullanımı ve endüstriyel faaliyetler, sera gazı

salınımını artırarak iklim değişikliğine yol açmıştır. Temiz enerji kaynaklarına geçiş, bu sorunun çözümünde kritik bir adımdır; özellikle ABD, Çin, Hindistan, Rusya ve AB gibi sanayileşmiş ülkeler bu geçişte liderlik etmelidir. Küresel iklim değişikliğiyle mücadele, 1992 Rio Zirvesi'nden bu yana sürmektedir ve Paris Anlaşması bu çabaların güncel bir örneğidir. Ancak, karbon salınımını sınırlamada ülkeler yetersiz kalmaktadır. Küresel ısınma hem mevcut hem de gelecekteki bir sorundur ve etkileri giderek artmaktadır. Uluslararası müzakerelerde ulusal çıkarların ön planda olması, gerekli adımların atılmasını engellemektedir. Devletler, ekonomik çıkarlar yerine tüm insanlığı ilgilendiren bu soruna odaklanmalıdır. Ayrıca, gelişmiş ülkeler geliştirmekte olan ülkelere destek sağlamalıdır. Enerji verimliliğini artırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak, ormanları korumak ve anlaşmaları uygulamak temel çözüm önerileridir. Bununla beraber artan küresel iklim değişikliği ile birlikte bitkisel kaynaklar için araştırmalar yapmak da fayda sağlayacaktır (Tan ve Gören, 2024). Devletler, imzaladıkları anlaşmaları yalnızca onaylamakla kalmamalı, ulusal mevzuatlarını da uyumlu hale getirmelidir.

KAYNAKÇA

- AÇA, 2023. <https://www.eea.europa.eu/tr/highlights/ab-nin-sera-gazi-emisyonlarında> (Erişim tarihi:06.09.2024).
- Ağırağaç ve Zorer Çelebi, 2022. Rejeneratif tarım. Zirai araştırmalardaki trendler ve yenilikler. İksad yayınevi, Ankara, Türkiye.
- Ahmet, B. (2019). Bursa bölgesinde faaliyet gösteren bazı hayvancılık işletmelerinin karbon ayak izinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye.
- Akbulut, E. F. (2009). İklim Değişikliğinde Alternatif Politikaların Etkinliği, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Akdemir, T. (2020). Avrupa Birliği'nde iklim değişikliği ile mücadelede havacılık vergileri. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 19(1), 1-24.
- Akın, G. (2006). Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(2), 29-43.
- Arıkan, Y. (2006). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü, metinler ve temel bilgiler, Bölgesel Çevre Merkezi REC, Ankara, Türkiye.
- Arıkan, Y., Özsoy, G. (2008). A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi, Bölgesel Çevre Merkezi, REC Türkiye.
- Bataille, C., Guivarch, C., Hallegatte, S., Rogelj, J., Waisman, H. (2018). Carbon prices across countries. *Nature Climate Change*, 8(8), 648-650.
- Battarra, R., Gargiulo, C., Tremiteira, M. R., Zucaro, F. (2018). Smart mobility in Italian metropolitan cities: A comparative analysis through indicators and actions. *Sustainable Cities and Society*, 41, 556-567. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.06.006>
- Baumber, A., Waters, C., Cross, R., Metternicht, G., Simpson, M. (2020). Carbon farming for resilient rangelands: people, paddocks and policy. *The Rangeland Journal*, 42(5), 293-307.
- Bayar, Y., Gavriletea, M. D. (2019). Energy efficiency, renewable energy, economic growth: evidence from emerging market economies. *Quality & Quantity*, 53, 2221-2234.
- Bekiroğlu, O. (2016). Sürdürülebilir kalkınmanın yeni kuralı: Karbon Ayak İzi. <http://www.emo.org.tr> (Erişim Tarihi: 06.08.2024).

- Belis, C. A., Karagulian, F., Amato, F., Almeida, M., Artaxo, P., Beddows, D. C. S., ... & Hopke, P. K. (2015). A new methodology to assess the performance and uncertainty of source apportionment models II: The results of two European intercomparison exercises. *Atmospheric Environment*, 123, 240-250.
- Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied energy*, 162, 733-741.
- Bustreo, C., Giuliani, U., Maggio, D., Zollino, G. (2019). How fusion power can contribute to a fully decarbonized European power mix after 2050. *Fusion Engineering and Design*, 146, 2189-2193.
- Cass, L. R. (2010). The Politics of Climate Change. In Oxford Research Encyclopedia of International Studies.
- Clayton, S., Devine-Wright, P., Stern, P. C., Whitmarsh, L., Carrico, A., Steg, L., ... & Bonnes, M. (2015). Psychological research and global climate change. *Nature climate change*, 5(7), 640-646.
- Codur, A. M., & Watson, J. (2018). Climate smart or regenerative agriculture. *GDAE Climate Policy Brief*, 9.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), (2018). Kyoto Protokolü. <http://iklim.csb.gov.tr/kyoto-protokolu-i4363> (Erişim Tarihi:02.08.2024)
- D'Amato, A. W., Bradford, J. B., Fraver, S., Palik, B. J. (2011). Forest management for mitigation and adaptation to climate change: Insights from long-term silviculture experiments. *Forest Ecology and Management*, 262(5), 803-816.
- Davenport, L. (2017). Emotional resiliency in the era of climate change: A clinician's guide. Jessica Kingsley Publishers.
- DellaPergola, S. (2022). *World Jewish Population, 2021*. In American Jewish Year Book 2021: The Annual Record of the North American Jewish Communities Since 1899 (pp. 313-412). Cham: Springer International Publishing.
- Dhonde, M., Sahu, K., Das, M., Yadav, A., Ghosh, P., Murty, V. V. S. (2022). Recent advancements in dye-sensitized solar cells; from photoelectrode to counter electrode. *Journal of The Electrochemical Society*, 169(6), 066507.

- Ding, H., Chiabai, A., Silvestri, S., Nunes, P. A. L. D. (2016). Valuing climate change impacts on European forest ecosystems. *Ecosystem Services*, 18, 141–153.
- Dişbudak, K. (2008). Avrupa Birliği'nde Tarım-Çevre ilişkisi ve Türkiye'nin uyumu.
- DPT, (2000). İklim Değişikliği. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Plan Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Ankara: DPT:2532 -ÖK:548.
- EESI, (2019). https://www.eesi.org/topics/energy_efficiency/description, Environment and Energy Study Institute, Washington (Erişim Tarihi:02.08.2024).
- EIP-AGRI. (2019). EIP-AGRI Focus Group Enhancing production and use of renewable energy on the farm Final Report. The European Innovation Partnership.
- Environmental Protection Agency (EPA), (2014). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2012. EPA 430R-14-003. U.S.A.
- Environmental Protection Index EPI, (2018). Climate, Energy and Transportation, http://www.earthpolicy.org/data_center/C2 3.
- EPA, 2022. <https://www.epa.gov/climatechangescience/causes-climate-change%E2.8.9A.T.%20> (Erişim Tarihi:03.08.2024).
- Erman, O. (2009). Palandöken dağları (Erzurum) ve Sarıkamış (Kars) çevrelerinde ekoloji temelli doğa eğitimi-IV. TÜBİTAK, 44-60.
- EU, (2018). Regulation 2018/841 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU.
- FAO, (2014). “Global Forest Resources Assessment”, Turkey Country Report. Rome.
- FAO, 2021. <https://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2021/en/> (Erişim tarihi: 07.09.2024).
- Federici, S., Tubiello, F. N., Salvatore, M., Jacobs, H., Schmidhuber, J. (2015). New estimates of CO₂ forest emissions and removals: 1990–2015. *Forest Ecology and Management*, 352, 89-98.

- GCCSI. (2021). Global CCS Institute. The Global Status of CCS: 2021. Australia. <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2021/11/Global-Status-ofCCS-2021-Global-CCS-Institute-1121.pdf> (Erişim Tarihi:03.08.2024).
- Gifford, T. C. (2021). We All Want to Change the World: How Behavioral Insights Can Help Reduce Carbon Emissions, Master's thesis, University of Denver, ABD.
- Goglio, P., Williams, A. G., Balta-Ozkan, N., Harris, N. R., Williamson, P., Huisingh, D., ... & Tavoni, M. (2020). Advances and challenges of life cycle assessment (LCA) of greenhouse gas removal technologies to fight climate changes. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118896.
- Gören, H. K., Canavar, Ö., & Tan, U. (2024). Evaluating Water Stress Adaptation in Cotton: Multivariate Analysis in F6–F7 Generations for Yield, Fibre Quality and Variety Selection. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 210(4), e12716.
- Gürbüz, İ. B., Kadağan, Ö. (2019). Büyükşehir Yasasının Kırsala Etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), 209-226.
- Gürbüz, İ. B., Kadağan, Ö. (2022). Gıda ambalajlarında değişen tüketici tercihleri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2), 357-376.
- Gürbüz, İ. B., Özkan, G. (2019). Hayvancılığın geleceğine eleştirel bir bakış: geleneksel ve modern hayvancılığın karbon ayak izi karşılaştırması. In *XIII International Balkan and Near Eastern Congress Series on Economics, Business and Management, Tekirdag, Turkey, October* (pp. 5-6).
- Gürel, A. ve Senel, Z., 2010. Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi, Kırklareli Girişimcilik sempozyumu, Kırklareli, Türkiye.
- Hasdemir, M. (2011). Kiraz yetiştiriciliğinde iyi tarım uygulamalarının benimsenmesini etkileyen faktörlerin analizi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Houghton, J. (2009). Global warming: the complete briefing. Cambridge university press.
- Houghton, J. (2005). Global warming. *Reports on Progress in Physics*, 68(6):13-43.

- Hussain, A., Arif, S. M., Aslam, M. (2017). Emerging renewable and sustainable energy technologies: State of the art. *Renewable and sustainable energy reviews*, 71, 12-28.
- IEA, (2020). International Energy Agency. Energy Technology Perspectives 2020, Special Report on Carbon Capture Utilisation and Storage. <https://doi.org/10.1787/208b66f4-en>
- IPCC, (2007). The Climate system: An overview.
- IPCC, (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by J. T. Houghton et al., 881 pp., Cambridge Univ. Press, New York.
- IPCC. (2018). *Global warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*.
- IPCC, (2013). *The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jones, P. D., Wingley, T. M. L. (1990). Global Warming Trends. *Scientific American*. 263, 84-98.
- Jurak, J., Brcic, D., Slavulj, M., Šojat, D., 2018. The Role of Smart Mobility in Smart Cities. 1601-1606. 10.5592/CO/CETRA.2018.812.
- Kadioğlu, M., Sonu, B. H. (2007). Küresel iklim değişimi ve Türkiye. *Güncel Yayıncılık AŞ*, (110).
- Kane, D., Solutions, L. L. C. (2015). Carbon sequestration potential on agricultural lands: a review of current science and available practices. *National sustainable agriculture coalition breakthrough strategies and solutions, LLC*, 1-35.
- Kavaz, İ. (2019). Yerli ve milli enerji politikaları ekseninde kömür. *Seta Analiz*, 265, 7-27.
- Koyuncu, M. (2017). Küresel İklim Değişikliği ve Hayvancılık. *Selcuk Journal of Agriculture & Food Sciences/Selcuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(2).

- Koyuncu, M., Akgün, H. (2018). Çiftlik hayvanları ve küresel iklim değişikliği arasındaki etkileşim. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 151-164.
- Kurnaz, L. (2019). Son Buzul Erimesi: İklim değişikliği hakkında merak ettiğiniz herşey, Doğan Egmont Yayıncılık, İstanbul, Türkiye.
- Kusch-Brandt, S. (2019). Urban Renewable Energy on the Upswing: A Spotlight on Renewable Energy in Cities in REN21's "Renewables 2019 Global Status Report".
- Lawrence, D. M., McGuire, A. D., Koven, C., Klein, J. S., Burke, E., Chen, G., ... & Zhuang, Q. (2018). Dependence of the evolution of carbon dynamics in the northern permafrost region on the trajectory of climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(15), 3882-3887.
- Leung, D. Y., Caramanna, G., Maroto-Valer, M. M. (2014). An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies. *Renewable and sustainable energy reviews*, 39, 426-443.
- Lindzen, R. S., Choi, Y. S. (2009). On the determination of climate feedbacks from ERBE data. *Geophysical Research Letters*, 36(16).
- Lockley, A., Wolovick, M., Keefer, B., Gladstone, R., Zhao, L. Y., & Moore, J. C. (2020). Glacier geoengineering to address sea-level rise: a geotechnical approach. *Advances in Climate Change Research*, 11(4), 401-414.
- Lutgens, E.J. Tarbuck, R. (2020). *Herman Atmosphere The: an Introduction to Meteorology* (fourteenth ed.), Pearson
- MacCracken, M.C. (2001). Global warming: A science overview. In *Global Warming and Energy Policy*, pp. 151-159, Springer, Boston, MA.
- Marcelis, L. F., Costa, J. M., & Heuvelink, E. (2019). Achieving sustainable greenhouse production: present status, recent advances and future developments. *Achieving sustainable greenhouse cultivation*, 1-14.
- Maslin, M. (2004). *Global warming: A very short introduction*. Oxford University Press.
- Mathy, S., Menanteau, P., Criqui, P. (2018). After the Paris Agreement: measuring the global decarbonization wedges from national energy scenarios. *Ecological economics*, 150, 273-289.

- Mazzoldi, A., Rinaldi, A. P., Borgia, A., Rutqvist, J. (2012). Induced seismicity within geological carbon sequestration projects: Maximum earthquake magnitude and leakage potential from undetected faults. *International journal of greenhouse gas control*, 10, 434-442.
- Mohieldin, M., Vandycke, N. (2017). Sustainable Mobility for the 21st Century, The World Bank.
- NASA Raporu, (2019). <https://climate.nasa.gov/news/2865/a-degree-of-concern-why-global-temperatures-matter/> (Erişim tarihi: 07.08.2024)
- OECD/IEA, (2016). Carbon Capture and Storage-20 Years: Accelerating Future Deployment. 115. www.iea.org/t&c/
- Ontl, T. A., Schulte, L. A. (2012). Soil carbon storage. *Nature Education Knowledge*, 3(10).
- Østergaard, P. A., Duic, N., Noorollahi, Y., Mikulcic, H., Kalogirou, S. (2020). Sustainable development using renewable energy technology. *Renewable energy*, 146, 2430-2437.
- Our World in Data, (2020). Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from?, <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>
- Önder, H. G., Akdemir, F. (2019). Türkiye'deki kentiçi raylı toplu taşıma sistemlerinin ulaşım ana planları bağlamında değerlendirilmesi. *Demiryolu Mühendisliği*, (10), 31-45.
- Özbay, H., Közkurt, C., Dalcalı, A., Tektaş, M. (2020). Geleceğin Ulaşım Tercihi: Elektrikli Araçlar. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 3 (1), 34-50.
- Özen, M., Tüydüş Yaman, H. (2013). Türkiye de Şehirlerarası Yük Trafiği CO2 Emisyonlarının Tahmini; Estimation of CO2 Emissions from Inter-City Freight Transportation in Turkey.
- Öztürk, M., & Öztürk, A. (2019). BMİDÇS'den Paris Anlaşması'na: Birleşmiş Milletler'in iklim değişikliğiyle mücadele çabaları. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(4), 527-541.
- Palmer, T. N. (2019). Stochastic weather and climate models. *Nature Reviews Physics*, 1(7), 463-471.
- Pathak, H., Wassmann, R. (2007). Introducing greenhouse gas mitigation as a development objective in rice-based agriculture: I. Generation of technical coefficients. *Agricultural Systems*, 94(3), 807-825.

- Philibert, C. (2007). Technology penetration and capital stock turnover. Lessons from IEA scenario analysis.
- Polat, K., Dellal, İ. (2016). Gökusu Deltasında çeltik yetiştiriciliği yapan üreticilerin iklim değişikliği algısı ve iyi tarım uygulamaları yapmalarında etkili faktörlerin belirlenmesi. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 46-54.
- Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S. S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., Xu, J. (2019). Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. *Plants*, 8(2), 34.
- Ricke, K. L., Millar, R. J., MacMartin, D. G. (2017). Constraints on global temperature target overshoot. *Scientific reports*, 7(1), 14743.
- Rocha, J., Oliveira, S., Viana, C. M., Ribeiro, A. I. (2022). Climate change and its impacts on health, environment and economy. In *One Health* (pp. 253-279). Academic Press.
- Sağsen, İ. (2017). Uluslararası iklim değişikliği müzakereleri: çevre duyarlılığı mı yoksa yeni bir uluslararası rekabet alanı mı? *Alternatif Politika*, 9(Özel sayı), 46-69.
- Savory, A., Butterfield, J. (2016). *Holistic management: a commonsense revolution to restore our environment*. Island Press.
- Sharma, A., Bohn, K., Jose, S., Dwivedi, P. (2016). Even-Aged vs. Uneven-Aged Silviculture: Implications for Multifunctional Management of Southern Pine Ecosystems. *Forests*. 7(4), 86.
- Shinnar, R., & Citro, F. (2008). Decarbonization: Achieving near-total energy independence and near-total elimination of greenhouse emissions with available technologies. *Technology in Society*, 30(1), 1-16.
- Shivakumar, A., Dobbins, A., Fahl, U., Singh, A. (2019). Drivers of renewable energy deployment in the EU: An analysis of past trends and projections. *Energy Strategy Reviews*, 26, 100402.
- Spencer, R. W., Braswell, W. D. (2011). On the misdiagnosis of surface temperature feedbacks from variations in Earth's radiant energy balance. *Remote Sensing*, 3(8), 1603-1613.
- Standing Forestry Committee (SFC), (2010). "Climate Change and Forestry", Retrieved from https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/fore/publi/wg3112010_en.pdf

- Tan, U., & Gören, H. K. (2024). Comprehensive evaluation of drought stress on medicinal plants: a meta-analysis. *PeerJ*, 12, e17801.
- Türkeş, M. (2021). Toplumun iklim değişikliği direngenliği güçlendirilebilir mi. *Spektrum, Kasım*, 6, 95-101.
- UEA, (2019). Enerji Verimliliği Raporu, Paris: Uluslararası Enerji Ajansı.
- Uluslararası Enerji Ajansı, 2017. https://temizenerji.org/tag/uluslararası-enerji-ajansı/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwufq2BhAmEiwAnZqw8rvZaHvt77X908zhCiU8X3k4zKYdpamn4mKUTxzc1pc19CTacpqBoC6tEQAvD_BwE
- Unver, H. A. (2017). IR theoretical approach to the Paris climate agreement: neo-neo debate, eco-marxism and green capitalism/Paris iklim anlaşmasına teorik yaklaşım: neo-neo tartışması, eko-marksizm ve yeşil kapitalizm. *Uluslararası İlişkiler/International Relations*, 14(54), 3-20.
- URL-1, 2017. Geleceğin Kentlerinde Mobilite. <https://www.akillikentler.org/gelecegin-kentlerinde-mobilite-257>.
- Uzunçakmak, M. (2014). Ulaşım Modlarından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları Ve İklim Değişikliği Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması, Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, 171s, Ankara.
- Ünal, E., Polat, E. 2023. İklim değişikliği ve akıllı ulaşım teknolojileri. 6. Uluslararası Değişen Dünyada Yaşam, Sosyal ve Sağlık Bilimleri Kongresi, 06-08 Şubat, Ankara, Türkiye.
- Victor, K., Evariste, F. F., Jean, S. D., Claudia, M. (2018). Assessing climate change vulnerability and local adaptation strategies in adjacent communities of the Kribi-Campo coastal ecosystems, South Cameroon. *Urban climate*, 24, 1037-1051.
- Vurarak, Y., Bilgili, M. (2015). Tarımsal mekanizasyon, erozyon ve karbon salınımı: Bir bakış. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(3), 307-316.
- Waskey, A. J. (2012). Global warming. In S. G. Philander (Ed.), *Encyclopedia of global warming and climate change* (pp. 640-645).
- Woodward, J. (2008). *Eyewitness climate change*. DK Publishing.
- World Resources Institute (WRI), 2020. Strategies that Achieve Climate Mitigation and Adaptation Simultaneously. <https://www.wri.org/insights/5-strategies-achieve-climate-mitigation-and-adaptation-simultaneously>

- Yan, J., Chen, M., Wang, C., Wang, X., Fu, J., Gong, P., ... & Nawab, J. (2019). Release of perfluoroalkyl substances from melting glacier of the Tibetan Plateau: Insights into the impact of global warming on the cycling of emerging pollutants. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(13), 7442-7456.
- Yenilenebilir Enerjiler Küresel Durum Raporu, (2018). Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Temmuz 2018.
- Yu, Y. S., Zhang, X., Liu, J. W., Lee, Y., Li, X. S. (2021). Natural gas hydrate resources and hydrate technologies: a review and analysis of the associated energy and global warming challenges. *Energy & Environmental Science*, 14(11), 5611-5668.

BÖLÜM 5

BAMYA (*Abelmoschus esculentus* L.) Moench) YETİŞTİRİCİLİĞİ

Dr. Nimet KATAR¹

Doç. Dr. Mustafa YAŞAR²

Prof. Dr. Duran KATAR³

¹ Eskişehir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Eskişehir/Türkiye, ORCID: 0000-0003-0699-167X, nimetkatar@gmail.com

² Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş/Türkiye, ORCID: 0000-0001-9348-7978 mustafa.yasar@alparslan.edu.tr

³ Eskişehir Orhangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir/Türkiye, ORCID: 0000-0003-1340-8040 dkatar@ogu.edu.tr

GİRİŞ

Âlem: Plantae

Şube: Spermatophyta

Sınıf: Magnoliopsida

Takım: Malvales

Familya: Malvaceae

Alt familya: Malvoideae

Oymak: Hibisceae

Cins: *Abelmoschus*

Tür: *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, Methodus: 617 (1794) / *Hibiscus esculentus* L. 2n=130 (7, 8; 9; Naveed et al., 2009; Durazzo et al., 2019)

Yayılışı

Malvaceae familyasına ait bir tür (*Abelmoschus esculentus* L.) olan bamy bitkisinin orijini ve yayılışı hakkında değişik kaynaklarda kısmen farklı bilgiler bulunsa da genelde bitkinin orijininin Amerika ve Asya kıtası olduğu kabul edilmektedir. Ancak Afrika'da şu anki Etiyopya ile Sudan'da çok uzun yıllardır bilinen ve yetiştirildiği kaynaklarda belirtilmektedir. Hatta Amerika kıtasının keşfinden önce bamyanın Amerikan yerlileri tarafından bilindiği ve yetiştirilip tüketildiği ifade edilmektedir (Londhe et al., 2023). Diğer taraftan bazı kaynaklarda bamyanın Afrika kökenli olup, dünyaya Araplar sayesinde yayıldığı belirtilmiştir (Anonim, 4). Birçok ülkede bilinen ve yaygın şekilde tüketilen bamy bitkisi ılıman iklimlerde bir yıllık, tropik iklimlerde ise çok yıllık bir kültür bitkisi olarak karşımıza çıkmaktadır (Anonim, 6). Önemli bir sebze ürünü olan bamy, Afrika'dan Asya'ya, Güney Avrupa'ya ve Amerika'ya kadar çok farklı ülkelerde tropikal, subtropikal ve sıcak/ılıman iklimlerde tarımı yapılarak tüketilmektedir (Ndunguru and Rajabu, 2004; Naveed et al., 2009; Saifullah and Rabbani, 2009; Durazzo et al., 2019). Günümüzde Hindistan dünyanın en büyük (%72,9) bamy üreticisi olarak bilinmektedir (Londhe et al., 2023).

Faydalanma Yöntemleri

Bamy bitkisi bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de taze olarak, kurutularak, dondurularak, konserve ve salamura edilerek değerlendirilen

önemli bir sebze olarak bilinmektedir. Ayrıca bamyaya tohumlarının yüksek oranda yağ içermesi (%13-40) ve bitkiden azımsanmayacak miktarda tohum verimi (80-120 kg/da) alınabilmesi nedeniyle yağ bitkisi olarak tarımının yapılıp yapılamayacağı konusunda araştırmalar devam etmektedir (Anonim, 4; Uwiringiyimana et al., 2024). Ülkemizde bamyaya üretimi Ege ve Marmara bölgeleri başta olmak üzere özellikle konserve fabrikalarına yakın bölgelerde yoğunlaşmış olup, üretilen bamyanın bir kısmı konserve edilerek, dondurularak ve kurutularak pazara arz edilmektedir. Diğer taraftan ABD'de bamyaya haşlanıp kızartılarak da tüketilmektedir. Dünyada yetiştirilen birçok sebze arasında bamyaya meyveleri vitamin, protein ve ham lif bakımından zengin olması nedeniyle önemli bir diyet sebzesi olarak kabul edilmekte ve hem yetiştiriciliği ve hem de tüketimi giderek artmaktadır (Anonim, 4).

Bamya, antidiyabetik özelliğe sahip önemli bir bitki olarak bilinmektedir. Bamya, olgunlaşmamış, taze, yeşil meyveleri sebze olarak yendiği gibi meyvelerinden elde edilen ekstraktlar güveç, çorba ve soslara kıvam kazandırmak için kullanılmaktadır (BeMiller et al., 1993; Sengkhampan et al., 2010). Bamyanın olgunlaşmamış meyveleri aynı zamanda lezzetli turşuların yapımında da kullanılmaktadır. Bamya meyvelerinden elde edilen ve suda çözünebilir polisakkaritlerin bulunduğu sıvı genellikle dondurma, patates cipsi ve unlu mamullerde de kullanılarak sağlıklı ve lezzetli gıdalar üretildiği gibi gıdaların raf ömrünü uzatmada da kendisinden yararlanılmaktadır (Durazzo et al., 2019).

Zengin besin içeriği, lezzeti, tıbbi ve endüstriyel kullanımları nedeniyle bamya bitkisi hemen hemen dünyanın her tarafında en sevilen sebzelerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar bamyanın olgunlaşmış/kurutulmuş tohumlarının %13-40 dolayısında yağ ve %22-24 oranında protein içerdiğini göstermektedir (Tripathi et al., 2011; 6; Uwiringiyimana et al., 2024).

Bamya meyveleri genel olarak tazeyken toplanıp veya hemen veya da konserve edilerek, dondurularak ve kurutularak tüketilmektedir. Kaliteli meyveler elde etmek için tazeyken meyvelerin toplanması önemlidir. Çünkü meyveler olgunlaştıkça hızla kartlaşmaktadır. Türkiye'nin de dâhil olduğu Akdeniz ülkelerinde sebze yemeği olarak ya da etli sebze yemeği olarak tüketilen bamya, Türkiye'de çok fazla tercih edilmese de kızartılarak da tüketilebilmektedir (Anonim, 5; Anonim, 6). Ayrıca sindiriminin kolay olması

nedeniyle bamyaya; hasta, yaşlı ve diyet yemeği olarak tüketilmesi önerilmektedir. Bitkinin çiçeklerinin suyla karıştırılıp ezilmesiyle elde edilen sıvı göğsü yumuşatıcı etkisi nedeniyle tüketilmektedir. Bu sıvı, çıbanları olgunlaştırmak için de dıştan sürülerek kullanılmaktadır. Yine yüksek diyet lif oranı nedeniyle bamyaya kabızlığın giderilmesinde kendisinden faydalanılmaktadır (Anonim, 6).

Obezitenin ve obeziteye bağlı kronik hastalıkların insan sağlığını ciddi olarak tehdit ettiği günümüzde bamyaya, uygun fiyatlı bir protein, karbonhidrat, vitamin, mineral, diyet lif kaynağı olarak sağlıklı yaşam açısından büyük öneme sahip bir bitkidir. Bitki aynı zamanda iyi bir iyot kaynağı olup guatr tedavisinde de kendisinden yararlanılmaktadır. Bamyaya bitkisi vitamin ve mineral bakımından da oldukça zengin bir sebze ve aynı zamanda sağlık üzerindeki etkileri nedeniyle de tıbbi değere sahip bir bitki olarak da bilinmektedir (Archana et al., 2015). Bamyaya bitkisinin yapraklarından, çiçeklerinden, meyvelerinden ve tohumlarından faydalanılmaktadır. Bitkinin yapraklarının antiinflatuar, antihiperlipidemik, antihiperlipidemik ve antioksidan özelliklere sahip olduğu bilinmektedir (Woumbo et al., 2022). Bamyaya içermiş olduğu karbonhidratlar, potasyum, enzimler, vitaminler, kalsiyum ve diğer mineraller nedeniyle önemli bir sebze olarak bilinmektedir. Taze ve genç bamyaya meyveleri salataya katılarak tüketilebildiği gibi ince kıyılmış bamyaya meyveleri suda hafifçe pişirilmesi veya ıslatılması ile elde edilen sıvı günde bir kez içilerek tüketilmektedir (Ndunguru and Rajabu, 2004). A, B, C, K vitaminleri bakımından zengin olan bamyaya, başta demir ve iyot olmak üzere birçok mineralin de önemli bir kaynağı olarak bilinmektedir. Aynı zamanda bamyaya viskoz lifin önemli bir bitkisel kaynağıdır. Protein (%22-24) ve yağ (%13-40) açısından oldukça zengin olan bamyaya tohumları kurutulup una işlenerek farklı şekillerde gıda olarak değerlendirilmektedir (Ndunguru and Rajabu, 2004; Tripathi et al., 2011). Bamyaya bitkisinin fitokimyasallar (antioksidanlar, lifler vb) ve besin açısından oldukça zengin olan yaprakları, meyveleri ve tohumları gıda olarak tüketilebilmektedir. Bamyanın yeşil ve kırmızı olmak üzere iki rengi bulunmaktadır ve her iki çeşidi de pişirildiğinde yeşile dönmektedir (Gemede et al., 2015; Uwiringiyimana et al., 2024). 100g başına bamyaya yaprağında 4.40g protein, 0.60g yağ, 2.10g lif, 532mg Ca, 70mg P, 0.70mg Fe, 59 mg askorbik asit, 385 ug B-karoten, 0.25mg tiamin, 2.80 mg'l riboflavin ve 0,20 mg'l niasin içermektedir (Gemede et al., 2015;

Uwiringiyimana et al., 2024). 100 gram olgunlaşmamış genç banya meyvesinde 0,2 gramı yağ, 1,70 gramı lif, 84 miligramı Ca, 0,04 mg'ı tiamin, 0,60 mg'ı niasin ve 47 mg'ı askorbik asit içermektedir. 100 gram banya tohumu ise 47 mg'ı askorbik asit ve %20-40 arasında değişen oranda yağ içermektedir. Yağın yaklaşık % 47,4'ünü çoklu doymamış ve esansiyel bir yağ asidi olan linoleik asitten oluştuğu bildirilmiştir. Yedi günlük taze banya meyveleri besin açısından en uygun olan meyveler olduğu da yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur (Agbo et al., 2008; Uwiringiyimana et al., 2024). Diğer bazı çalışmalarda banya meyvelerinin 100 gramında su (88,6 gr), enerji (144,00 kJ / 36 kcal), protein (2,10 gr), karbonhidrat (8,20 gr), yağ (0,20 gr), lif (1,70 gr), Ca (84,00 mg), P (90,00 mg), Fe (1,20 mg), β karoten (185,00 μ g), riboflavin (0,08 mg), tiamin (0,04 mg), niasin (0,60 mg), askorbik asit (47,00 mg) içerdiği gösterilmiştir (Kahlon et al., 2007; Saifullah and Rabbani, 2009). Banya meyvelerinin Fe, Zn, Mn ve Ni'li de içerdiği bilinmektedir (Kendall and Jenkins, 2004; Uwiringiyimana et al., 2024). Banya tohumlarının, tahıllarda ve baklagillerde eksik olan lizin ve triptofan amino asitler açısından dengeli proteinler içerdiği de ortaya konmuştur. Banya tohumları yumurta tavukçuluğunda kullanılan yemler için protein kaynağı olarak kullanılan soya kadar protein içermekte olup, alternatif protein kaynağı olarak kullanılabilir (Akintoye et al., 2011; Uwiringiyimana et al., 2024).

Banya meyveleri ve tohumları, quercetin türevi, kateşin oligomerleri ve hidroksisinnamik türevi gibi fenolik bileşikler açısından oldukça zengin olduğu bilinmektedir. Özellikle bamyanın taze meyveleri, fenolik bileşiklerin yanı sıra antioksidan özelliğe sahip olan ve aynı zamanda kansere karşı koruyucu etkisiyle bilinen C vitamini (askorbik asit) ve A vitamini (Beta karoten) açısından da zengin olduğu yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur (Woumbo et al., 2022). Bilindiği gibi lifli diyetler şeker emilimini azaltıp hiperglisemiyi önleyerek ve kolesterol seviyesini düşürerek yüksek tansiyon ve kalp krizine karşı koruma sağlamaktadır. Bamyanın ise kandaki şeker ve kolesterol seviyesini azaltan çözünmeyen lifler ve viskoz lifler açısından zengin olduğu bilinmektedir (Dubey and Mishra, 2017; Uwiringiyimana et al., 2024). Banya içermiş olduğu mineralleri, vitaminleri, lifi ve fenolik bileşikleri nedeniyle yüksek tansiyon, kalp ve kanser gibi kronik hastalıkların kontrolü için insan beslenmesine dahil edilmesi gereken bir besin olarak karşımıza çıkmaktadır (Uwiringiyimana et al., 2024).

Bamya Çeşitleri

Türkiye'de bamya tarımı Ege ve Marmara bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte zamanla bamyaya olan talebin artması ile birlikte Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde de tarımı yapılmaya başlanmıştır. Uzun yıllardır ülkemizin farklı bölgelerinde bamya yetiştiriciliğinin yapıyor olması zamanla tarımının yapıldığı bölgelerin iklimle uyum sağlayan yerel bamya çeşitlerinin oluşmasına sebep olmuştur (Anonim 4; Anonim, 5). Ülkemizde tarımı yapılan bamya çeşitleri ve kısaca özellikleri şunlardır;

Amasya Bamyası: Çiçek bamyası olarak da adlandırılan bu çeşit Amasya, Tokat ve İç Anadolu'da yaygın olarak yetiştirilen ve açık yeşil renkli ve küçük meyveli bir yerel çeşittir. Meyveleri çok küçükken toplanan Amasya bamyası kurutmalık bamya olarak değerlendirilmektedir. Amasya bamyasının meyveleri ortalama 1 cm büyüklüğüne ulaştığında hasat edilmektedir. Türkiye'de yetiştirilen yaklaşık 21.000 ton bamyanın 2 bin tonluk kısmı Amasya'nın Taşova ve kısmen de Tokat'ın Erbaa ilçelerinde çiçek bamyası olarak üretilmektedir (Anonim, 4; Anonim, 5).

Sultani Bamya: Sultani bamyalar özellikle Marmara ve Ege bölgelerimizde yaygın şekilde üretimi yapılan koyu yeşil renkli düzgün ve beşgen köşeli meyvelere sahip bir bamya grubudur. Ülkemizde en yaygın şekilde yetiştirilen Sultani bamyalar meyve irilikleri bakımından en ufak tiplere sahip olan bamyalardır. Bu grupta yer alan bamyaların meyve etleri yumuşaktır. Sofralık bir çeşit olarak dikkat çeken sultani bamyalarda hasat gecikmesi ile selülozlaşma çok yavaş gerçekleşmektedir. Sultani bamya grubu içerisinde yer alan Akyüz ve Kabaklı çeşitleri Marmara bölgesinde yaygın olarak üretilmektedir. Sultani bamyalar genel olarak taze tüketilmesine rağmen bazen gıda sanayi tarafından da işlenerek pazara arz edilmektedir (Anonim 4; Anonim, 5).

Bornova Bamyası (Manikürlü bamya, kınalı bamya): Ege bölgesinde yetiştirilen Bornova bamyası sofralık ve sümüksü yapı oluşturmaması nedeniyle genellikle konservelik bir çeşit olarak üretilmektedir. Bornova bamyasının meyve sultani bamya kadar uzun değildir. Meyvenin ucu hafif tombul ve sap bağlantı kısmı incedir. Bornova bamyasının en belirgin

özelliği ise sap bağlantı kısmının mor renk içermesidir. Bornova bamyasının beş köşeli meyveleri ise oldukça etlidir (Anonim, 4; Anonim, 5).

Balıkesir Bamyası (Tombul bamyası): Balıkesir bamyası altı köşeli ve etli meyve özelliği ile diğer yerli çeşitlerimizden kolayca ayrıt edilebilmektedir. Balıkesir bamyasının meyveleri çok kısa, şişkin ve meyve ucu küt olup, bu nedenle tombul bamyaya olarak anılmaktadır. Meyveleri etli, ancak çok çekirdekli olan Balıkesir bamyasının taze tüketime uygun olmakla birlikte konserve içinde uygun olan bir çeşit olarak bilinmektedir (Anonim, 4; Anonim, 5).

Bamyaya çeşitlerinde üretim amacına bağlı olarak üretimi yapılacak çeşidin bazı özelliklere sahip olması istenmektedir. Ayrıca ticari çeşitlerin az tüylü olması da arzulanmaktadır. Ülkemizin ticari çeşitlerinden olan Kabaklı ve Denizli çeşitlerinin aşırı tüylü, Akköy ve Sultani çeşitlerinin ise orta oranda tüy içerdiği yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Anonim, 4).

Yalova Akköy-41: Seleksiyon ıslahı ile geliştirilen bu sultani bamyaya çeşidi tescilli bir çeşittir. Çeşidin bitki boyu 50 cm dolayındadır. Yalova Akköy-41 çeşidinin meyveleri 0,8-6,0 cm arasında değişmekte olup, meyveler sarımsı açık yeşil bir renge sahiptir. Verimi 1200 kg/da'a kadar çıkabilen Yalova Akköy-41 çeşidinin kaliteli olan meyveleri esnek bir yapıya sahip olup çoğunlukla konserve yapımı için üretimi yapılmaktadır (Anonim, 6).

Yalova Kabaklı-II: Seleksiyon ıslahıyla 1988 yılında tamamlanan çalışmaları sonucunda elde edilen bir bamyaya çeşididir. Yalova Kabaklı-II çeşidinin bitkiler 65 cm'ye kadar boylanabilmektedir. Meyveleri Sultani tipte olan Yalova Kabaklı-II çeşidi 0,9-5,0 cm arasında değişen boyutlarında ve orta koyulukta yeşil renge sahip meyveleri bulunmaktadır. 1100 kg/da meyve verimine sahip olan Yalova Kabaklı-II çeşidinin meyveleri sert ve sağlam bir yapıda olup konserve yapımına da uygun bir çeşittir (Anonim, 6).

Marmara-I: Marmara-I bamyaya çeşidi tombul bamyalar grubu içerisinde yer almaktadır. Marmara-I bamyaya çeşidinin bitki boyu 37 cm dolayındadır. Marmara-I bamyaya çeşidi de 1992 yılında tamamlanan seleksiyon çalışmaları sonunda elde edilmiş ticari bir çeşittir. Verimi 1300 kg/da olayında

olan ve meyve uzunluğu 1,5-4,7 cm arasında değişen, konserve yapımına uygun bir çeşittir (Anonim, 6).

Bamyanın Bitkisel Özellikler

Kök

Bamya bitkisi kazık köklü bir bitkidir. Bitki, hâkim bir ana kazık köke ve onun etrafında oluşmuş güçlü yan köklere sahiptir. Toprak profili derin tarlalarda bitkinin kökleri toprağın 100-120 cm derinliğine kadar inebilmektedir (Anonim, 4, Anonim, 6, Uwiringiyimana et al., 2024).

Gövde

Bamya bitkisinin gövde boyu bitkinin yetiştirildiği bölgenin iklim ve toprak koşullarına ve bitkinin genotipine bağlı 50-250 cm arasında değişmektedir. Tropikal bölgelerde bitki çok yıllık olup, 200-250 cm'e kadar uzayabilirken, ılıman bölgelerde ise tek yıllık olup bitki boyu 50-100 cm arasında değişmektedir. Ancak taban suyu seviyesinin yüksek olduğu veya da vejetasyon süresinin kısa olduğu koşullarda gövde boyu sınırlı kalmakta ve bitki 40-50 cm ancak boy oluşturabilmektedir. Bamya bitkisinin genotipine bağlı olarak gövde tüylü veya tüsüz olabilmektedir. Yine gövde rengi genotipe bağlı olarak değişmekle birlikte açık yeşil sarımsı renklidir. Genellikle kalın ve sağlam yapılı olan bamya gövdesi nod ve internodlardan oluşmaktadır. Nod sayısı ve internodların uzunluğu çeşitlere ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Nodlardan bir yaprak ile bir çiçek veya yan dal oluşmaktadır. Bir noddan birden fazla çiçek veya yan dal meydana gelmemektedir. Bamyada yandal ile gövde boyu ve yandal sayısı verim üzerinde en önemli bir etkiye sahip olup, önemli bir seleksiyon kriteri olarak kabul edilmektedir. Bitki boyunun 2 metrenin üzerine çıkması durumunda hasadın zorlaşması nedeniyle son yıllarda yapılan ıslah çalışmalarıyla yarı bodur çeşitler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bamya bitkisinin yaprak, dal ve meyveleri oldukça sık tüylere sahiptir. Yaprak, dal ve meyvelerin üzerindeki tüylerin diplerindeki bezelerde kaşındırıcı bir madde bulunmaktadır. Bamya tarımında karşılaşılan en büyük problem gövde, yan dal, yaprak ve meyvelerin üzerinde bulunan ve kaşındırıcı özelliğe sahip olan bu tüyledir. Tüylülük bitkinin zararlılara karşı savunma mekanizması olup, gövde, yan dal, yaprak ve meyvelerin üzerinde daha fazla ve uzun tüylere sahip olan genotipler, özellikle

çekirgelere karşı daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 4, Anonim, 6; Kumar et al., 2006).



Resim 1. Bamyâ Bitkisi (*Abelmoschus esculentus* L.) (Koleksiyon-Eskişehir)

Yaprak

Pamuk ve asma yaprağına benzeyen bamyâ yaprakları genelde çeşitlere bağlı olarak yaprak ayası parçalı veya bütün olabilmektedir. Balıkesir bamyasında yapraklar tek parçalı ve kenarları dişlidir. Bornova bamyasında ise yaprak ayası parçalı olup, yapraklar asma yaprağını andırmaktadır. Bamyâ bitkisinde yaprak ayası renkleri de genotiplere bağlı olarak değişmekte olup, açık yeşil, koyu yeşil ve kırmızı renkte genotiplere rastlanmaktadır. Dünyanın bazı bölgelerinde kırmızı renkli yaprak ayalarına sahip bamyâ genotipleri süs bitkisi olarak da kullanılmaktadır. Bamyâ yapraklarında yaprak ayasının üst kısmı parlak ve tüysüz iken, altı kısmı ise tüylüdür. Bamyâ yaprakları bazı Afrika ülkelerinde sebze olarak tüketilmektedir. Bitkide yaprak sapı uzunluğu ise 15-25 cm arasında değişmektedir. Yaprak ayası alanı ise 100-250 cm² arasında farklılaşmaktadır. Hasat esnasında hasat olgunluğuna gelen taze

meyvelerin kolayca görülebilmesi için uzun yaprak saplı ve küçük yaprak ayalı çeşitler ıslah edilmeye çalışılmaktadır (Anonim, 4; Anonim, 6; Kumar et al., 2006).



Resim 2. Bamyacı Bitkisi Yaprakları (*Abelmoschus esculentus* L.) (Koleksiyon-Eskişehir)

Çiçek

Bamyacı bitkisi erselik/tam çiçekli bir bitkidir. Erselik çiçekli bamyacı bitkisi kendine döllenen bitkidir. Bamyacı bitkisinin parlak renkli taç yaprakları böcekler için oldukça caz edicidir/çekicidir. Bu durum uygun iklim koşullarında böceklerin yoğun bir şekilde çiçekleri ziyaret etmesine neden olmaktadır. Böcek ziyareti yoğunluğuna bağlı olarak bitkide değişen oranlarda yabancı döllendirme de gerçekleşmektedir. Bazı durumlarda bu yabancı döllendirme oranı % 63'e kadar çıkabilmektedir. Bamyacı çiçekleri çok fazla sayıda erkek organa sahip olup, çiçeklerde erkek organların sapsız birer boru şeklinde dışı organı kuşatmış durumdadır. Bamyacı çiçeğinin dışı organının stigmatı kadifemsi yapıda ve bordo renkli olup, çiçeğinin erkek organları ile aynı boydadır. Bamyacı bitkisinin çiçekleri sabahın erken saatlerinde açarak tozlanma ve döllendirme tamamlanmaktadır. Sabahın erken saatlerinde çiçekler döllendirme tamamladıktan sonra taç yaprakları, buruşup kapanmakta ve meyve gelişimi başlamaktadır. Daha sonradan taç yaprakları kuruyarak dökülmektedir (Anonim, 4; Anonim, 6; Kumar et al., 2006).



Resim 2. Banya Çiçeği (*Abelmoschus esculentus* L.) (Koleksiyon-Eskişehir)

Meyve

Banya bitkisi genotiplere bağlı olarak değişik şekil, renk ve irilikte meyvelere sahiptir. Aynı şekilde banya meyvelerdeki tohum bölmesi sayısı da genotiplere bağlı olarak 5-8 arasında değişmektedir. Banya meyvelerinin şekli uzun, piramit veya yuvarlağa yakın tombul olabilmektedir. Bamyada taze meyve ağırlığı 10-20 g arasında değişirken, meyve çapı da 1-2 cm arasında değişmektedir. Meyve renkleri açık yeşil, yeşil ve şarap kırmızısı olabilen bamyalarda meyveler beşgen veya altıgen şeklinde köşeli bir durum arz etmektedir. Meyvelerin sapı ve meyvelerin üzeri genotiplere bağlı olarak değişmekte olup, bol tüylü, az tüylü veya tüysüz olabilmektedir. Bamyada hasat dönemindeki meyve uzunlukları yetiştiriciliğinin yapıldığı bölgeye, tüketim alışkanlıklarına ve yetiştirilen genotipe bağlı olarak 1,0-10 cm arasında değişim göstermektedir.



Resim 3. Banya Bitkisi Meyveleri (*Abelmoschus esculentus* L.) (Koleksiyon-Eskişehir)

Amasya bölgesinde 1 cm'lik meyveler hasat edilirken Bornova bamyasında ise hasat meyveler 3-4 cm'e ulaşınca yapılmaktadır. Bamya bitkisinin meyveleri çok hızlı büyümekte olup, meyveler günde 2 cm kadar uzayabilmektedir. Tohum üretmek amaçlı bitki üzerinde bırakılan meyvelerin uzunlukları ise genotiplere bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte 10-30 cm arasında değişmektedir (Anonim, 4; Anonim, 6; Kumar et al., 2006; Londhe et al., 2023).

Tohum

Bamya tohumları da yine genotiplere bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte kadife yeşili renkte, kalın kabuklu, yuvarlak ve oval şekilli olup, çapı da 3-5 mm arasında değişmektedir. Her meyveden yaklaşık 70-90 arasında tohum elde edilebilmektedir. Bamya tohumlarının kabuklarının kalın ve geçirimsiz olması nedeniyle tohumlar geç ve zor çimlenmektedir (Anonim, 4; Anonim, 6; Londhe et al., 2023).



Resim 4. Bamya Bitkisi Tohumları (*Abelmoschus esculentus* L.) (Koleksiyon-Eskişehir)

İklim ve Toprak İstekleri

Bamya, dünyanın tropik, subtropik ve sıcak iklim bölgelerinin bitkisi olarak bilinmektedir. Bamya, düşük gece sıcaklıklarından ve şiddetli kuraklıklardan hoşlanmamaktadır. Özellikle gelişiminin ilk dönemlerinde gece

sıcaklığının 5-6 °C'lere düştüğü bölgelerde bitki büyümesi çok yavaşlamaktadır. Gece ve gündüz arasında sıcaklık farkının yüksek olduğu ve gece sıcaklıklarının fazlaca düştüğü bölgelerde bamyada bitkisi bodur kalmakta ve düzenli ürün vermemektedir. Optimum büyüme sıcaklığı 25-35°C arasında değişse de, yüksek verim için yaz aylarında sıcaklığın 30-35°C arasında olduğu bölgeleri tercih etmektedir. Yaz aylarında özellikle çiçeklenme döneminde sıcaklığın 42 °C'nin üstüne çıktığı bölgelerde bitkilerde meydana gelen çiçek dökümleri nedeniyle verim önemli düzeyde azalmaktadır. Kuraklığa belirli ölçülerde tolerans gösterebilen bamyada bitkisi, donlara karşı hassasiyeti yüksek bir bitkidir. Bamyada tohumlarının hızlı bir şekilde çimlenip çıkış yapabilmesi için ortalama hava sıcaklığının 15-20 °C ve toprak sıcaklığının da en az 15 olması gerekmektedir. Hatta 20 °C dolayındaki toprak sıcaklığı bamyada bitkisinde çimlenme ve çıkış için çok daha uygundur. Özellikle tropikal bölgelerde yetiştirilen bazı genotipler için optimum çimlenme sıcaklığı 25-35 °C arasındadır (Anonim, 5; Anonim, 7; Incalcaterra and Vetrano, 2000; Tripathi et al., 2011; Ahmad et al., 2016; Hayamanesh et al., 2016, El-Shaieny and Bashandy, 2022, Chittora et al., 2017; Londhe et al., 2023). Yapılan bazı çalışmalarda bamyada tohumlarının 35 °C'de iyi bir çimlenme performansı gösterdiği tespit edilmiştir. Yıllık toplam yağışın 900-1000 mm dolayında olduğu tropik veya subtropik bölgelerde bamyada bitkisi başarıyla yetiştirilebilmektedir (Akinyele and Temikotan, 2007; Uwiringiyimana et al., 2024). Bölgenin iklim koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte ılıman bölgelerde bamyadan iyi bir verim alabilmek için bitkinin vejetasyon döneminde 500-550 mm suya ihtiyacı bulunmaktadır (Patil, 2010; Uwiringiyimana et al., 2024). Bamyada bitkisi ülkemizde Akdeniz ve Ege başta olmak üzere Marmara ve Karadeniz Bölgesinde ve özellikle gece sıcaklıklarının çok düşmediği alanlarda yetiştirilmektedir. Yaz mevsimi kısa süren ve sıcaklığın yeterli olmadığı bölgelerde, bodur boylu ve erkenci çeşitler yetiştirilmelidir (Anonim, 6).

Bamyada bitkisi çok farklı toprak tiplerinde yetiştirilebilmektedir. Özellikle furdalı yapı, organik maddece zengin tınlı topraklar bamyada yetiştiriciliği için uygun olmakla birlikte dünyanın farklı bölgelerinde kumlu topraklardan killi topraklara kadar değişen tekstürlü topraklarda da üretimi yapılabilmektedir. Hafif asitli topraklara toleransı iyi olup, pH değeri 6,0-6,8 arasında değişen topraklarda yüksek verimli bamyada tarımı yapılabilmektedir.

Bamya bitkisinin pH toleransı oldukça geniş olup, pH 5,0-8,0 arasında değişen topraklara adapte olabilmektedir (Kumar et al., 2006; Chittora et al., 2017; Uwiringiyimana et al., 2024). Diğer birçok sebze türlerinin yetişemediği taban su seviyesi yüksek topraklarda da yetişebilmektedir. Ancak yüksek ve kaliteli bir üretim yapmak için derin, geçirgen ve kumlu-tınlı topraklar en ideal topraklar olarak kabul edilmektedir. İlkbaharda tohum ekim döneminde toprağın aşırı nemli olması bamya tohumlarının hızlıca çimlenip, çıkışını gerçekleştirebilmesi için uygun değildir. Azot bakımından aşırı zengin topraklar bitkilerde boğum aralarının aşırı uzamasına neden olarak yüksek boylu bitkilerin oluşumuna sebep olduğu için istenmemektedir. Yine kaymak tabakası oluşturma potansiyeli yüksek olan aşırı killi topraklar bamya tarımında çıkış sorununa neden olduğu için istenmemektedir (Anonim, 6; Ali et al., 2017; Rawat et al., 2020; Uwiringiyimana et al., 2024).

Toprak Hazırlığı

Bamya üretiminin yapılacağı bölgenin iklim ve toprak özellikleri, ekimin yapılacağı zaman, ön bitkinin hasat zamanı, toprak tekstür ve strüktürü gibi birçok faktör yapılacak olan toprak işlemenin zamanı ve şekli üzerinde etkili olmaktadır. Ülkemizde bamya tarımı ancak yazlık olarak ekilerek yapılabilmektedir. Fakat ilkbaharda yapılması planlanan bamya ekimi için toprak hazırlığına ön bitki tarlayı terk ettiğinde başlanması gerekmektedir. Eğer ön bitki/münavebede bamyadan önceki bitki tarlayı terk ettiğinde toprak işlenebilecek kadar tavlıysa zaman kaybedilmeksizin 25-30 cm derinlikte pullukla işlenmelidir (Kumar et al., 2019; Uwiringiyimana et al., 2024). Eğer ön bitkinin hasadı yapıldığında toprak tavlı değil ve işlenemeyecek kadar kuru ise sonbahar yağışlarının gelmesi beklenip toprak tava gelince 25-30 cm derinlikte pullukla işlenmelidir. Bu şekilde sürülen tarla toprağı kışa terk edilmektedir. Burada dikkat etmemiz gereken en önemli husus eğer bamya üretimi yapılacak tarla erozyona açık bir topoğrafik yapıya sahip ise toprak işlemenin kulaklı pullukla toprağı alt-üst ederek değil de toprağı alttan yırtarak işleyen ve anızın bir kısmı toprağın üzerinde bırakan pulluklarla yapılmasıdır (İlbaş, 2009; Geçit ve ark., 2009). Kışı bu şekilde geçiren tarla ilkbaharda havalarda ısınmasıyla tava gelince tekrar 15-20 cm derinlikten ikinci sürüm yapılmaktadır. Bamya toprak sıcaklığı 20 °C'ye ulaşmadan ekilmediği için ilkbaharda yabancı otların gelişimine bağlı olarak tekrar 15-20 cm derinlikten

bir sürüm daha yapılabilir. Ekimden önce ise toprak yüzeyi farklı toprak işleme aletleriyle tesviye edilerek bastırılmalı ve bu şekilde tohum ekimine hazır hale getirilmelidir (Kumar et., 2019; Uwiringiyimana et al., 2024). Bamyaya ekilecek olan tarla organik maddece fakir ve tarlaya çiftlik gübresi uygulama (2,0-2,5 ton/da) imkânımız varsa uygulama sonbaharda yapıp mutlaka pullukla çiftlik gübresi toprağa karıştırılıp kışa terk edilmelidir. (Er ve Başalma, 2008; Geçit ve ark., 2009; Kumar et., 2019; Uwiringiyimana et al., 2024).

Münavebe

Tarımsal üretimde çevre dostu ve etkin bir yabancı ot mücadelesi, toprağın organik madde içeriğinin iyileştirilmesi, su kullanım ve bitki besin elementlerinden yararlanma etkinliğinin artırılması ve hastalık ve zararlıların etkinliğini azaltmak için münavebe uygulaması yapılmaktadır (Er ve Başalma, 2008; Geçit ve ark., 2009; İlbaş, 2009). Bamyaya bitkisinin, üretim aşamasında su tüketimi fazla olan bitkiler (lahanagiller, patlıcangiller, kabakgiller, yonca, çeltik, mısır, şeker pancarı) ile münavebeye alınarak yetiştirilmesi önerilmektedir (Turhan et al., 2019).

Ekimi

Bamyaya sıcak iklim bitkisi olup hava sıcaklığı 18-20 °C ve toprak sıcaklığı da 15-16 °C'nin üzerine çıkmadan ekime başlanmalıdır. Bamyaya ekiminin zamanının belirlenmesinde toprak tavanının ve sıcaklığının dikkate alınması gerekmektedir. Toprak yeterli sıcaklığa ve rutubete sahip olmadan yapılacak ekimlerden düzenli bir çıkışın sağlanması mümkün olmamaktadır. Ülkemizde bamyanın ekim zamanı üretiminin yapıldığı bölgelere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Marmara bölgesinde ekim zamanı yaklaşık 25 Nisanda başlayıp, 3-4 hafta sürerken, Ege ve Akdeniz bölgelerinde ekimler Ocak- Mart gibi geniş bir periyoda yayılmakta, Karadeniz ve Orta Anadolu iç bölgelerimizde ise genellikle mayıs ayı içinde tohum ekimi yapılmaktadır (Anonim, 1; Anonim, 3).

Bamyaya tohumlarının kabuğunun kalın olması nedeniyle tohumlar oldukça geç ve zor çimlenip, çıkış yapabilmektedir. Bu sorunu minimum düzeyi indirmek için tohumların ekimden önce 1 gün ıslak bez arasında veya 30 dakika aseton veya alkol içinde ıslatılıp bekletilmesi gerekmektedir. Bamyaya tarımında ekimde kullanılacak tohumluklar en fazla 2-3 yıllık olmalıdır. 2-3 yıldan daha fazla beklemiş tohumlar büyük oranda çimlenme kabiliyetini

kaybedeceği için tohumluk olarak kullanmaktan kaçınılmalıdır (Kumar et., 2019; Uwiringiyimana et al., 2024; Anonim, 6). Ülkemizde küçük alanlarda bamyaya yetiştiriciliği yapan üreticiler tarafından ocakvari ekim yapılmaktadır. Ocakların bulunduğu sıraların arası 40-50 cm iken, sıra üzerin 20-25 cm olacak şekilde açılan ocakların her birine 2-3 cm derine olacak şekilde 3'er tohum ekilmektedir. Çıkıştan sonra her ocakta 2 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmaktadır. Fakat ticari bamyaya üretiminde tohumlar mibzerle sıraya ekilmektedir. Taze bamyaya üretimi için kuru alanlarda daha sık ve sulu alanlarda daha seyrek olacak şekilde 40-60 X 20-40 cm sıklıkta ve 0,8-2,0 kg/da tohumluk kullanılarak ekim yapılmaktadır. Tohumluk bamyaya üretimi için ise ekim 90-120 X 30-40 cm sıklığa yapılması önerilmektedir (Anonim 1; Anonim, 6; Anonim, 7; Uwiringiyimana et al., 2024).

Çapalama/Yabancı Ot Kontrolü

Bamyaya tohumları çıkışlarını tamamlayıp ilk gerçek yapraklarını çıkardıkları zaman ocakvari ekimde hem tekleme ve hem de yabancı ot kontrolü için ilk çapa yapılmaktadır. Mibzerle sıraya yapılan ekimlerde ise çıkışını gerçekleştiren fideler 2-3 hakiki yapraklı olduğu dönemde 1. çapa yapılmaktadır. Çapalama işlemi ile bir taraftan yabancı ot kontrol altına alınırken, diğer taraftan da toprağın hem havalanması sağlanmakta ve hem de kapıral su kaybı önlenmektedir. Sulamasız bamyaya üretiminde bitkiler 15-20 cm boy ulaştığı dönemde 2. çapa yapılmaktadır. Sulamasız bamyaya tarımında 2. çapadan sonra hızlı gelişen bitkiler sıra aralarını kapatıp yabancı otlara gelişme fırsatı vermediği için çoğunlukla 3. çapaya gerek kalmamaktadır. Fakat sulamalı bamyaya tarımında 3. çapaya ihtiyaç duyulabilmektedir. Çünkü yapılan sulamalar yabancı ot gelişimini de teşvik etmektedir. Bamyaya tarımında bitkiler 15-20 cm boy aldıktan sonra mümkün olduğunca tarlaya toprak işlemek için girilmemelidir. Çünkü hızla gelişen bitkilere zarar verme ihtimali yüksektir. Kimyasal mücadele olarak yabancı ot kontrolü için ekimden önce 150 g Flucholarine/da ve ekimden sonra için ise 200 g alachlor/da uygulaması önerilmektedir. Ayrıca malçlama da hem yabancı ot kontrolü ve hem de suyun etkin kullanımı açısından önerilmektedir (Anonim 1; Anonim, 4; Er ve Başalma, 2008; İlbaş, 2009).

Gübreleme

Bamya tarımında toprağın organik madde içeriği dikkate alınarak öncelikle varsa fermentasyonunu tamamlamış (2,0-2,5 ton/da) çiftlik gübresi sonbaharda tarla yüzeyine serilip sürülerek toprağa karıştırılmalıdır. Bölgenin iklim durumu uygun ise günlük yeşil gübre bitkisi ekilip ilkbaharda sürülüp toprağa karıştırılmak suretiyle de toprağa organik madde ve bitki besin elementi kazandırılmaktadır (Er ve Başalma, 2008; İlbaş, 2009). Ayrıca miktarları yapılan bamya üretiminin sulamalı veya da sulamasız oluşuna bağlı olarak değişen azot, fosfor ve potasyum gübrelemesi de yapılmaktadır. Toprağın bitki besin elementleri içeriği ve yapılan üretimin sulamalı veya sulamasız oluşuna bağlı olarak 10-12 kg N/da, 5-6 kg P₂O₅/da ve 4-6 kg K₂O/da gübre uygulaması önerilmektedir. Sulamalı bamya tarımında önerilen fosforlu ve potasyumlu gübrelerin tümü ve azotlu gübrenin de %50'si ekimle birlikte uygulanmaktadır. Azotlu gübrenin %25'lik kısmı ekimden 4 hafta sonra uygulanırken geri kalan %25'lik kısmı ise çiçeklenme/meyve oluşumu başlangıcında uygulanmaktadır. Sulamasız bamya tarımında azot ikiye bölünerek yarısı ekimle ve diğer yarısı ise ekimden 3-4 hafta sonra yağışlar kesilmeden uygulanmaktadır. Yapılan toprak ve yaprak analizleri sonucunda mikro besin elementi eksikliği tespit edilirse yaprak gübrelemesi yapılarak eksikliğin giderilmesi önerilmektedir. Yapraktan yapılacak olan %0,4'lük çinko sülfat ve demir sülfat uygulaması bamyada meyve tutumunu olumlu yönde etkilemektedir. 10 kg tohuma 400-500 g hesabıyla azotobakter veya fosfat çözücü bakteri (PSB) ile yapılan biyogübreleme meyve verimi üzerinde artışa neden olmaktadır. Son toprak işleme ile birlikte dekara 200-250 kg dozunda solucan gübresi/vermikompost kullanımı da meyve verimi ve kalitesi üzerinde olumlu etkiye sahiptir. (Anonim 1; Anonim 6, Kumar et al., 2006; Narendra et al., 2017, Katyal and Randhawa, 2020; Kumar et al., 2019). Günümüzde bamya yetiştiriciliğinde meyvelerin verim ve kalitesini arttırmak amacıyla farklı büyüme düzenleyicilerin kullanıldığı da bilinmektedir. GA (400 ppm) ve IAA (200 ppm) ile yapılan tohum muamelesi, tohum çimlenmesinin artışına yardımcı olduğu ifade edilmiştir. Cycocel (100 ppm) uygulaması bamyada meyvelerin raf ömrü artırılmasında etkili olmuştur. Askorbik asit (250 ppm) uygulaması ise klorofilin bozulmasını engelleyerek meyve ağırlığında minimum kayba sebep olduğu ifade edilmiştir (Kumar et al., 2006).

Sulama

Karığa ocakvari şekilde yapılan üretimlerde tohum ekimi ile birlikte iklim koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte belirli periyotlarla salma sulama yöntemiyle sulama yapılmaktadır. Bamyada tarımında küllenme hastalığını teşvik eden yağmurlama sulamadan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Bamyada tarımında ilk meyveler görüldükten sonra bölgenin iklimine bağlı olarak 4-8 gün aralıklarla yapılan sulamalar meyve verimi ve kalitesi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Ayrıca ekimden sonra yağış gelmezse çimlendirme amaçlı yapılacak sulamalar da bamyada tarımında önemli olup, bu sulamalar yağmurlama sulama yöntemiyle yapılabilmektedir (Anonim, 4; Anonim, 5; Elevitch et al. 1998; Kumar et al., 2006). Sulamalı koşullarda yapılan bamyada tarımında çıkışını gerçekleştiren fideler 2-3 hakiki yapraklı olduğu dönemde ilk çapadan hemen sonra yağmur yoksa birinci sulama yapılmaktadır (Anonim, 6).

HASAT

Bamyada tarımı hem sebze amacıyla meyve üretmek ve hem de tohum elde etmek amacıyla yapılmaktadır. Dolayısıyla hasat şekli ve hasat zamanı da yetiştiricilik amacına göre farklılık göstermektedir. Bamyada meyve üretimi amacıyla üretiminin yapılmasını kısıtlayan en önemli faktör meyve, meyve sapı ve yaprakların üzerindeki tüylerin hasat sırasında toplayıcıları çok rahatsız etmesidir. Bamyada bitkisinde yetiştiriciliği yapılan genotiplere ve iklim koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte tohum ekiminden yaklaşık 40-60 gün sonra çiçeklenme başlamaktadır. Çiçeklenme bitkilerin gelişimi çeşitlere bağlı olarak farklı nodların oluşmasıyla başlamaktadır. Örneğin sulu koşullarda bazı Amerikan çeşitlerinde 10 ve 30. nodların oluşmasıyla (Amasya bamyasında 25-30. nodlarda, Sultani bamyasında 10-14. nodlarda, Ağlasun bamyasında 10-11. nodlarda) ilk çiçeklenme başlamaktadır. Bamyada hasadı, yetiştiricilik amacına ve üretimde kullanılan çeşitlerin genotipik özelliklerine bağlı olarak çiçeklenmeden 1-4 gün sonra yapılmaktadır. Diğer ifadeyle hasat, meyvenin normal çeşit iriliğinin 1/3'üne ulaştığı zaman yapılmalıdır. Bu da çeşitlere göre değişmekle beraber bütün genotipler için meyve uzunluğunun 1,5-4,0 cm arasında olduğu dönemdir. Özellikle sofralık veya konservelik yerli çeşitlerimizde meyve uzunluk 2-5 cm'e ulaştığında hasat yapılması önerilirken, yabancı bamyada çeşitlerinde ise meyve boyu 7 cm'e ulaştığında yapılmaktadır.

Bamya üretiminde hasadın gecikmesi ile meyvelerde selülozik yapı artmakta ve tohumlar belirgin hale gelmekte ve dolayısıyla meyve yemeklik değerini kaybetmektedir. Bamya bitkisinde istenen iriliğe ulaşmış meyveler hasat edildikçe yeni çiçeklerin oluşumu devam etmektedir. Hasat süresi ise bölge iklimine ve çeşitlere bağlı olarak değişmekle beraber 1,5-4,0 ay devam etmektedir. Bir işçi günde 10-15 kg bamya meyvesi hasat edebilmektedir. Bamya meyveleri kararıp pazar değerini kaybetmeden hasat edilen taze meyveler hemen küçük torba, çuval veya kasalara doldurularak pazarlara sunulmaktadır. Daha kaliteli ürünlerin pazara sunulması için sabahın erken saatlerinde toplanan bamyalar bir yere istiflenerek ayıklama ve boylama işlemleri yapılmaktadır. Bu arada bamya meyvelerinin üzerlerine yapışmış olan çiçeklerden de temizlenmektedir. Bu arada hasadında geç kalınmış ve ticari değeri düşürecek kadar büyümüş meyveler de ayıklanmaktadır. Pazara sunum hemen yapılmayacak olursa bamya meyveleri 7-10°C sıcaklık ve %90-95 nemdeki kontrollü depolarda 8-10 gün süre ile depolanabilmektedir (Anonim, 1; Anonim, 4).

Verim

Genelde yerel çeşitlerle yapılan bamya yetiştiriciliğinde bakım koşullarına bağlı olarak taze meyve üretimi 500-800 kg/da arasında değişmektedir. Tescilli bazı yabancı bamya çeşitlerinde ise verim 4000 kg/da' a kadar ulaşabilmektedir (Anonim, 1; Anonim, 4).

Tohum Üretimi

Bamya bitkisinde tohum üretimi ılıman iklimlerde tohumdan tohuma şeklinde yıl içerisinde yapılmaktadır. Bamyada tohum üretiminde toprak hazırlığı, tohum ekimi ve bakım koşulları gibi yetiştiricilik uygulamaları normal pazar için yapılan taze bamya üretiminden hiçbir farklı yoktur. Tohum üretimi amaçlı yapılan ekimlerde yüksek tohum verimi elde edebilmek için sıra arası ve üzeri mesafeler daha geniş tutulmaktadır. Tohumluk üretiminde kullanılacak çeşitlerin habitus iriliğine veya dallanma özelliğine bağlı olarak ekim genelde 90-120 x 30-40 cm sıklıkta yapılmaktadır. Bunun dışında az miktarda tohumluk ihtiyacını karşılamak için sofralık bamya üretimi yapılan parsellerde belirli bir süre taze meyve hasadı yapıldıktan sonra bitkilerin üzerindeki meyveler hasat edilmeden olgunlaşmaya bırakılmak suretiyle de tohum üretimi yapılmaktadır. Tohumluk üretiminde en önemli konu

meyvelerin kuruyup çatlamasına izin verilmeden uygun zamanda hasadın yapılmasıdır. Hasat zamanında geç kalınması meyvelerin çatlayarak tohumların dökülmesine neden olduğu için verimde önemli düzeyde kayıplar yaşanmaktadır.

Küçük alanlarda yapılan tohum üretiminde henüz tam olarak kurumamış fakat sararmış ve çatlamaya yüz tutmuş meyveler toplanarak gölgede kurutulup harmanlanmaktadır. Geniş alanlarda yapılan üretimlerde ise sararmış meyvelerin bulunduğu bitkiler makine ile kesilerek hasat edilmekte ve daha sonra hasat edilen bitkiler gölgede yerde kurutularak makinelerinde harmanlanmak suretiyle tohumlar elde edilmektedir. %10-12 dolayında nem içeren harmanlanmış olan tohumlar paketlenerek saklanmalıdır. Tohumluk üretimi amacıyla yapılan bamyta tarımında çeşitlerin genotipine ve bakım koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte ortalama 80-120 kg/da tohum verimi elde edilebilmektedir (Anonim 2; Anonim 4).



Resim 5. Olgunlaşmış Bamyta Meyvesi (*Abelmoschus esculentus* L.) (Koleksiyon-Eskişehir)

KAYNAKLAR

- Agbo, A.E., Gnakri, D., Beugie, G.M., Fondio, L. and Kowame, C., 2008. Maturity degree of four okra fruit varieties and their nutrients composition. *Elect.J. Food Plant Chem.* 5:1-4.
- Ahmad, J., Balal, R.M., Shahid, M.A., Akhtar, G., Akram, A., Khan, M.W., and Zubair, M., 2016. Characterization of okra genotypes at reproductive stage under hightemperature stress. *Int J Chem Biochem Sci*, 9, 44-48.
- Akintoye, H.A., Adebayo A.G. and Aina, O.O., 2011. Growth and yield response of okra intercropped with live mulches. *Asian Journal of Agriculture Research.* 5:146- 153.
- Akinyele, B.O. and Temikotan, T., 2007. *International Journal of Agricultural Research*, 2: 165-169.
- Ali, A., Ahmad, B., Hussain, I., Ali, A. and Ali Shah, F., 2017. Effect of phosphorus and zinc on yield of lentil. *Pure Applied Biology.* 6, 1397–1402.
- Anonim 1. <https://samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Lifletlerimiz/s-19.pdf>
- Anonim 2. <https://samsun.bel.tr/uploads/files/brosur80.pdf>
- Anonim 3. <https://www.e-fidancim.com/Bamya-Yetistiriciligi,DP-112.html>
- Anonim 4. [https://www.e-fidancim.com/Bamya-yetistiriciligi-ve-Bamya-Yetistiriciliginde -Dikkat-Edilmesi-Gerekenler,DP-318.html](https://www.e-fidancim.com/Bamya-yetistiriciligi-ve-Bamya-Yetistiriciliginde-Dikkat-Edilmesi-Gerekenler,DP-318.html)
- Anonim 5. <http://str.wikipedia.org/wiki/Bamya>
- Anonim6. https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Bamya%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf
- Anonim 7. <https://kiran.nic.in/pdf/Agri-Kaleidoscope/Horticulture-resources/OKRA.pdf>
- Archana, G., Azhagu Saravana, P., Babu, K., Sudharsan, K., Sabina, R., Palpandi Raja, M. and Sukumar Sivarajan, M., 2015. Evaluation of fat uptake of polysaccharide coatings on deep-fat fried potato chips by confocal laser scanning microscopy. *Int. J. Food Prop.*, 19, 1583–1592.
- BeMiller, J.N., Whistler, R.L., Barkalow, D.G. and Chen, C.-C. 1993. Chapter 9—Aloe, chia, flaxseed, okra, psyllium seed, quince seed, and tamarind gums. In *Industrial Gums*, 3rd ed.; Whistler, R.L., BeMiller, J.N., Eds.; Academic Press: New York, NY, USA, pp. 227–256.

- Chittora, A., Singh, N., and Dhirendra Kumar, S., D., 2017. Production Technology of Okra. Marumegh: Volume 2(1), ISSN: 2456-2904. Available online at www.marumegh.com, Accessed on 4th May, 2024.
- Dubey, P. and Mishra, S., 2017. A review on: Diabetes and okra (*Abelmoschus esculentus*). *Journal of Medicinal Plants studies*. 5 (3), 23-26.
- Durazzo, A., Lucarini, M., Novellino, E., Souto, E.B., Daliu, P. and Santini, A., 2019. *Abelmoschus esculentus* (L.): Bioactive Components' Beneficial Properties-Focused on Antidiabetic Role-For Sustainable Health Applications. *Molecules*, 24, 38; doi:10.3390/molecules24010038
- Elevitch, C.R. and Wikinson, K.M., 1998. Greater plant and soil health for less work. *Permanent Agriculture Resources*, Holualo.
- El-Shaieny, A. A. H. and Bashandy, T., 2022. Effect of Planting Dates on Growth, Yield and Physiological Traits of Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.), and Field Evaluation for Heat Tolerance. *J. of Plant Production, Mansoura Univ.*, Vol. 13 (5):141-150
- Er, C. ve Başalma, D., 2008. *Organik Tarımdaki Gelişmeler*. Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti. Yayın No:1354, Fen Bilimleri:88, Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayın No:42.
- Geçit, H. H., Çiftçi, C.Y., Emeklier, Y., İkincikarakaya, S., Adak, M.S., Ekiz, H., Altınok, S., Sancak, C., Sevimay, C.S. ve Kendir, H., 2009. *Tarla Bitkileri*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1569, Ders Kitabı: 521, Ankara.
- Gemedede, H.F., Haki, G.D., Beyene, F., Woldegiorgis, A.Z. and Rakshit, S.K., 2015. Proximate, mineral, and antinutrient compositions of indigenous Okra (*Abelmoschus esculentus*) pod accessions: Implications for mineral bioavailability. *Food Sci. Nutr.* 4, 223–233.
- Hayamanesh, S., Keitel, C., Ahmad, N., and Trethowan, R., 2016. Physiological and biochemical response to high temperature stress in Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *GeophyRes Abs*, 18, 18481-1.
- Incalcaterra, G., and Vetrano, F., 2000. Effects of two sowing dates and plastic mulch on okra production. *Acta Horti*, 533, 329-336.
- İlbaş, A.İ., 2009. *Organik Tarım İlkeler ve Ulusal Mevzuat*. Eflatun Yayınevi, Genel Yayın no:11, Sertifika no:12131.

- Kahlon, T.S., Chapman, M.H. and Smith, G.E., 2007. In vitro binding of bile acids by okra, beets, asparagus, eggplant, turnips, green beans, carrots and cauliflower. *Food Chemistry*. 103, 676-680.
- Katyal, J. C. and Randhawa, N. S., 2020. Micronutrients. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin. Journal of Energy Natural Resources*. 9, 1–9.
- Kendall, C.W.C. and Jenkins, D.J.A., 2004. A dietary portfolio: maximal reduction of low-density lipoprotein cholesterol with diet. *Current Atherosclerosis Reports* 6:492-498.
- Kumar, V., Ramjan, M. and Das, T., 2006. Cultivation Practices of Okra. *Biomolecule Reports- An International eNewsletter*, 1-5.
- Kumar, V., Ramjan, M.d. and Das, T., 2019. Cultivation Practices of Okra. *Biomolecule Reports, Popular Article; ISSN:2456-8759*
- Londhe, S., Gadge, S. and Patil, D., 2023. Response of okra to drip irrigation regimes and mulch. *The Pharma Innovation Journal; SP-12(9): 1874-1879*.
- Narendra, K. M., Rajesh K.M., Dhaka, R. S. and Meena, O.P., 2017. Response of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Levels on Growth and Yield of Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) cv. Arka Anamika. *International Journal of Pure Applied Biosciences*. 5 (4), 1171-1177
- Naveed, A., Khan, A.A., & Khan, I.A. (2009). Generation mean analysis of water stress tolerance in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Pak. J. Bot.*, 41: 195-205.
- Ndunguru, J. and Rajabu, A., 2004. Effect of okra mosaic virus disease on the above-ground morphological yield components of okra in Tanzania. *Sci. Hortic*, 99, 225–235.
- Patil, C. S., 2010. Crop coefficient and water requirement of Okra (*Abelmoschus Esculentus* L. Moench). *MAUSAM*, 61(1), 121–124. <https://doi.org/10.54302/mausam.v61i1.783>
- Rawat, N., Karnatak, A.K. and Srivastava, R.M., 2020. Population dynamics of major sucking insect pests of Okra in agro-climatic condition of Pantnagar. *Journal of Entomology and Zoology Studies*; 8(1): 540-545.
- Saifullah, M. and Rabbani, M.G., 2009. Evaluation and characterization of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.) genotypes. *SAARC J. Agric.*, 7, 92–99.

- Sengkhampan, N., Sagis, L.M.C., de Vries, R., Schols, H.A., Sajjaanantakul, T., Voragen, A.G.J., 2010. Physicochemical properties of pectins from okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Food. Hydrocoll.*24, 35–41.
- Tripathi, K.K., Warriar, R., Govila, O.P. and Ahuja, V., 2011. *Biology of Abelmoschus Esculentus L. (okra)*. Series of Crop Specific Biology Documents. Ministry of Environment and Forests Government of India: New Delhi, India.
- Tripathi, K.K., Warriar, R., Govila, O.P., and Ahuja, V., 2011. *Biology of Abelmoschus esculentus L. (okra)*. Ministry of environment and forests Government of India.
- Turhan, E., Evrenosoğlu, Y., Yılmaz, C., Gülen, H., Eti, S., Ellialtıoğlu, Ş., Okay, Y., Bolat, İ., Ak, B:E., Erkan, M., Özgüven, A.I., Aksoy, U. ve Duman, İ., 2019. *Bahçe Tarımı I*. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2372 Açık öğretim Fakültesi Yayını No: 1369.
- Uwiringiyimana, T., Habimana, S., Umuhozariho, M:G., Bigirimana, V.P., Uwamahoro,F., Ndereyimana, A. and Naramabuye, F.X., 2024. Review on Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) Production, Nutrition and Health Benefits. *Rwanda Journal of Agricultural Sciences*, Vol 3, No. 1, 71-87.
- Woumbo, C.Y, Kuate, D., Tamo, D.G.M. and Womeni, H.M., 2022. Antioxidant and antidiabetic activities of a polyphenol rich extract obtained from *Abelmoschus esculentus* (okra) seeds using optimized conditions in microwave-assisted extraction (MAE). *Nutrition and Food Science Technology*. *Front. Nutr.* 9:1030385. doi: 10.3389/fnut.2022.1030385

BÖLÜM 6

KANATLI KARMAYEMLERİNDE ENERJİ KAYNAĞI OLARAK MISIR VE ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMI

Dr. Öğr. Gör. Yahya IŞIK¹

Doç. Dr. Timuçin TAŞ²

¹ Balıkesir Üniversitesi, Kepsut MYO, Veterinerlik Bölümü. Balıkesir/Türkiye
E-mail: yahya.isik@balikesir.edu.tr, ORCID NO: 0000-0001-7654-1565

² Balıkesir Üniversitesi, Kepsut MYO, Veterinerlik Bölümü. Balıkesir/Türkiye, E-mail:
timucin.tas@balikesir.edu.tr, ORCID NO: 0000-0002-2144-9064

GİRİŞ

Enerji farklı disiplinler tarafından (Fizik, kimya, biyoloji vb.) tanımlanmış geniş bir kavramdır ve çok farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Yıldırım ve ark., 2020). Hayvanlarda enerji ihtiyacı en öncelikli ihtiyaçlardandır (Sarı ve ark., 2008; Ergün ve ark., 2017; Mutlu ve Taş, 2024). Kanatlı hayvanlar enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yem tüketirler. Bu bakımdan kanatlı hayvanlarda diğer besin ihtiyaçlarını karşılayabilmek için enerji gereksiniminin sağlanması çok önemlidir (Liu ve ark., 2023). Özellikle ticari kanatlı yetiştiriciliğinde nişasta içerikli yem hammaddeleri temel enerji kaynakları olarak tercih edilmektedir (Ai ve Jane, 2016; Agristats, 2018).

Tahıllar nişasta içeriklerinden dolayı kanatlı beslemede en çok tercih edilen geleneksel enerji kaynakları olarak bilinmektedirler (Kirrella ve ark., 2021; Saleh ve Alzawqari, 2021; Ciurescu ve ark., 2023). Mısır (*Zea mays L.*) bu tahıllar içinde kanatlı rasyonlarında en çok kullanılan sıcak iklim tahılıdır (Dei, 2017; Rochell, 2018; Turhal, 2021; Tavernari ve ark., 2022). Ancak dünya nüfusunun artması ve gıdaya dolayısıyla da enerjiye ihtiyacının artmasının bunun bir sonucu olarak en ucuz hayvansal protein kaynaklarından olan kanatlı ürünlerine (et, yumurta) olan talep artışına bağlı olarak mısır gereksinimi de artmaktadır (Meriç ve Koç, 2021; Toklu, 2022). Kanatlı hayvan üretiminde sürdürülebilir bir artış, artan insan nüfusunun beslenme ihtiyaçlarına önemli ölçüde katkıda bulunabilir ve dolayısıyla gıda ve beslenme güvenliğini garanti edebilir (Masenya ve ark., 2021).

İlerleyen yıllarda küresel iklim değişikliği, kuraklığa bağlı mısır üretimi ve verimindeki azalma öngörüsü, fiyatlardaki dalgalanmalar, ithal edilme gereksinimi, protein oranının nispeten az olması, mısırın lizin ve metiyonin gibi kanatlılar için önemli aminoasitlerce fakir olması gibi sebeplerden dolayı mısıra alternatifler geliştirmek zorunlu hale gelmiştir (NRC, 1994; Masenya ve ark., 2021; Liu ve ark., 2023). Ancak mısırın hâlâ ticari kanatlı beslemede temel enerji kaynağı olarak kullanımı devam etmektedir (Rajasekhar ve ark., 2020; Córdova-Noboa ve ark., 2021).

1. KANATLI BESLEMEDE ENERJİ KAYNAKLARI

Nüfus sayımı 2022 yılı verilerine göre, Dünyadaki insan nüfusu 8 milyarı aşmıştır. Yıllık büyüme % 1.08 oranında olup, 2050 yılında dünya nüfusunun yaklaşık 10 milyara ulaşması öngörülmektedir (Toklu, 2022; Anonim, 2024;

Işık, 2024). Türkiye’de ise 83.7 milyon olan nüfusun gelecek 30 yılda yaklaşık 100 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir (Turhal, 2021). Beklenen bu nüfus artışı ile refah düzeyinin artmasından dolayı, enerjiye ve gıdaya özellikle de hayvansal proteine olan ihtiyacın da artması beklenmektedir (Meriç ve Koç, 2021; Çelek, 2022; Toklu, 2022;).

Kanatlı sektörünün hızlı büyümesi; artan insan nüfusu, gelişmekte olan ekonomilerde daha fazla satın alma gücü, artan şehirleşme ve sanayileşme, yem rasyonlarının geliştirilmesi ve transferi, nispeten kısa üretim döngüsü, kümes hayvanı yetiştiriciliğindeki ilerlemeler ve gelişmiş işleme teknolojileri gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır (Dei, 2017). Artan nüfusun talebini karşılamak için en önemli hayvansal kaynaklardan olan kanatlı üretiminin devamlılığı için en önemli endişelerden birisi de yeterli miktarda bitkisel üretimin sağlanabilmesi endişesinden kaynaklanmaktadır. Mısır kanatlı beslemedeki esas enerji kaynağı olduğu için tarımsal üretimde önemli bir yere sahiptir (Toklu, 2022).

Enerji, en geniş tanımlamayla iş yapabilme yeteneği olarak ifade edilir. Bütün yaşamsal ve biyokimyasal faaliyetlerde kullanılır. Hayvanlar için ise kimyasal enerjinin kullanımı akla gelmektedir. Bütün enerji formları ısıya dönüşebilir ve birim olarak kalori kullanılmaktadır. Yemlerdeki besin maddelerinde (karbonhidratlar, yağlar, proteinler) bulunan kimyasal enerji hayvansal organizmalar tarafından kullanılır (Sarı ve ark., 2008; Ergün ve ark., 2017; Mutlu ve Taş, 2024). Hayvanlar için enerji gereksinimi, yaşam payı ve verim payı enerji gereksinimi olarak ikiye ayrılır (Çelek, 2022). Kanatlı yemleri her bir bileşenin içerdiği metabolize edilebilir enerji (ME) miktarına göre formüle edilmekte ve ME, sindirilen, emilen ve idrarla atılmayan enerji olarak tanımlanmaktadır (Rochell, 2018). Görünür metabolize edilebilir enerji (AME) veya nitrojenle düzeltilmiş AME (AMEn), kümes hayvanı diyetlerini formüle etmek için yaygın olarak enerji değeri olarak kullanılır (Liu ve ark., 2023). Kanatlı hayvan yemi içeriklerinin AME ve AMEn değerleri yaş, cins, ırk ve diyet bileşimi gibi faktörlerden etkilenebilir (Liu ve ark., 2023; Khanipour ve ark., 2024).

Mısır, enerji ve amino asit (AA) katkısı nedeniyle piliç diyetlerinin önemli bir ham maddesidir. Aslında, tipik bir piliç diyetinde mısır, görünür metabolize edilebilir enerjinin (AME) yaklaşık %65’ini ve ham proteinin (HP) %20’sini oluşturabilir (Giacobbo ve ark., 2021; Melo-Durán ve ark., 2021;

Stefanello ve ark., 2023; Vargas ve ark., 2023a). Mısır tutarlı bir içerik olarak görülse de besin değeri önemli ölçüde değişebilir. Mısırın AME' sindeki değişkenlik, nişasta içeriğindeki farklılıklarla (%67,8-76,1 kuru madde, nişastanın sindirilebilirliği, yağ konsantrasyonu, lif içeriği ve nişasta olmayan polisakkarit konsantrasyonu) ilişkilendirilebilir (Vargas ve ark., 2023b). Bazı çalışmalar (MacLeod ve ark., 2008; Yang ve ark., 2020), farklı yaşlardaki etlik piliçlerde yem AME değerlerinde ve enerji ve besin maddesi kullanımında farklılıklar olduğunu bildirmiştir (Liu ve ark., 2023).

Kanatlıların fizyolojik gelişimini sürdürebilmesi, en yüksek et ve yumurta verimi sağlayabilmesi, en uygun döl verimi ile kuluçka oranına ulaşabilmesi için, metabolik enerji ile diğer bütün besin maddeleri açısından dengeli karma yemlere ihtiyacı vardır (Toprak, 2011). Genellikle ticari kanatlı yemleri, mısır ve soya fasulyesi küspesi (SFK) gibi geleneksel bileşenler kullanılarak formüle edilir (Kirrella ve ark., 2021). Bu bileşenler kümes hayvanlarının beslenmesindeki ana enerji ve protein kaynağıdır (Rajasekhar ve ark., 2020). Kanatlı hayvanların enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yem tükettikleri düşünüldüğünde, enerji, piliçlerin karma yemlerinin ve yem maliyetinin ana bileşeni oluşturmaktadır. Bu nedenle, yem bileşenlerinin enerji içeriğinin ve piliçlerin gerçek enerji gereksinimlerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi, ekonomik faydaların artırılması ve üretim maliyetlerinin azaltılması açısından hayati öneme sahiptir. (Liu ve ark., 2023).

Kanatlı hayvanlarda tür, ırk, yaş dönemi, istenilen verim özelliği, çevresel faktörler gibi pek çok faktöre göre değişen bir enerji ihtiyacı bulunmaktadır. Ticari olarak yetiştirilen etlik piliçler, yumurtacı tavuklar, bıldırcın ve hindi gibi hayvanların enerji ihtiyaçları NRC, 1994'de bildirilmiştir (NRC, 1994). Kanatlı hayvanların beslenmesinde kullanılan bazı tahıl tanelerinin brüt ve metabolize edilebilir enerji değerleri Tablo 1'de verilmiştir (Dei, 2017).

Tablo 1: Bazı tahıl tanelerinin brüt ve metabolize edilebilir enerji değerleri

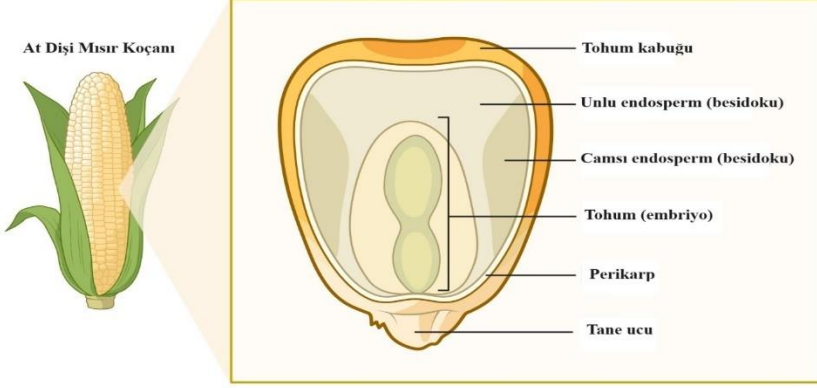
Tahıl	Brüt enerji (MJ/kg, KM)	Metabolize edilebilir enerji (MJ/kg km)
Arpa	18.3	13.7
Sorgum	18.8	13.4
Mısır	19.0	14.2
Buğday	18.4	14.0

Tabloda görüldüğü üzere, mısır diğer sıcak ve serin iklim tahıllarına nazaran, hem brüt hemde metabolize edilir enerji miktarları açısından avantajlı olduğu, ayrıca, mısır ın üretim prosesinin kolay ve daha ucuz olması, mekanizasyonunun daha geniş skalaya sahip olması nedeniyle, üreticiler tarafından tercih edilmektedir.

1.1. Enerji Kaynağı Olarak Mısır

Mısır (*Zea mays L.*), Gramineae (buğdaygiller) familyasının üyesi olan (Tang ve ark., 2023), Amerika kökenli (Revilla ve ark., 2022; Cao ve ark., 2024) bir sıcak iklim tahılıdır (Suganya ve ark., 2020; Toklu, 2022). Mısır, dünyada üretim, tüketim ve ekiliş yönünden, buğdaydan sonra ikinci sırada yer almaktadır (Dei, 2017; FAO, 2020). Mısır, dünyanın çok farklı iklim bölgelerinde yetişebilir (Suganya ve ark., 2020). Başka hiçbir ürün, mısır kadar farklı iklimlerde yetiştirilme potansiyeline sahip değildir (Córdova-Noboa ve ark., 2020). Dünyada 130'dan fazla ülkede yetiştiriciliği yapılabildiği bildirilmiştir (Asfaw, 2022). Ayrıca, insan beslenmesi, hayvan besleme ve birçok sayıda endüstriyel ürünün hammaddesi olarak kullanılmaktadır (Ayyar ve ark., 2019). Bu nedenle bazı kaynaklarca (Córdova-Noboa ve ark., 2020; Yousif ve ark., 2021) “mucize mahsul” ve aynı zamanda “tahılların kraliçesi” olarak adlandırılmaktadır. Bu tahılların kraliçesi mısır tanesinin kuru madde bazında yaklaşık %83'ü endosperm, %11'i embriyo, %5,2'si perikarp ve %0,8'i uç başlıktan oluştuğu bildirilmiştir (Şekil 1) (Panda ve ark., 2013; Dei, 2017).

Mısır Tanesinin Yapısı



Şekil 1: Mısır tanesinin yapısı (Panda ve ark. 2013; Dei, 2017)

Mısırın önemi ve kullanımı ülkeden ülkeye değişmektedir. Bu bitki insanlık için besin kaynağı olup, hayvan yemi ve birçok gıda sanayinde nişasta, şurup, reçine, bitkisel yağ gibi maddelerin üretiminde ve biyoyakıt (etanol, biyodizel) gibi son zamanlarda kullanım alanlarında hammadde olarak hizmet etmekte ve üretimindeki potansiyel kullanımları nedeniyle de her geçen gün önem kazanmaktadır (Ayyar ve Appavoo, 2016; Suganya ve ark., 2020; Turhal, 2021; Asfaw, 2022; Cao ve ark., 2024). Dünya genelinde üretilen mısırın büyük kısmı hayvanların beslenmesinde, yalnızca küçük bir kısmı doğrudan insan beslenmesinde kullanılmaktadır (Dei, 2017). Buna rağmen mısır tanelerinin dünya çapında üç milyar insanın beslenmesindeki önemi geniş çapta kabul edilmektedir (Suganya ve ark., 2020). Aslında mısırın hem tüketim hem kullanım alanları ülkelerinin gelişmişlik düzeyiyle ilişkilidir. Gelişmiş ülkelerde ve toplumlarda mısırın büyük bir kısmı hayvan yemi olarak değerlendirilir. Gelişmekte olan ve az gelişmiş toplumlarda ise daha ziyade insan gıdası şeklinde değerlendirilir. Bu toplumlarda milyonlarca insanın ana protein ve kalori ihtiyacının karşılanmasında çok önemli bir rol oynadığı bildirilmektedir (Suganya ve ark., 2020; Turhal, 2021; Yousif ve ark., 2021). Latin Amerika, Afrika ve Asya'daki özellikle büyük kırsal insan nüfusu için mısır ana besin, kalori ve mineral madde kaynağıdır. Bu gelişmekte olan

ülkelerde ki insanlar, mısırı doğrudan veya değiştirilmiş şekillerde tükettikleri rapor edilmiştir (Dei, 2017; Suganya ve ark., 2020).

Türkiye’de her yıl üretilen 6-9 milyon ton arası mısırın, yaklaşık %75-85’i yem sektöründe değerlendirilmektedir. En yüksek kullanım yeri ise kanatlı hayvan sektörüdür. Mısır üretimi, kanatlı sektörünün en çok etlik piliç ve hindi yetiştiriciliğinde, %49 oranında kullanılmaktadır. Ayrıca, üretilen mısırın geri kalan kısmının %34’ü yumurtacı ve damızlık sektörlerinde değerlendirilmektedir (TMO, 2021). Üretilen mısırın %20’si nişasta, glikoz ve alkol sanayinde, geriye kalan %5’i ise yağ sektöründe, endüstride ve tohumluk olarak kullanılmaktadır (Turhal, 2021).

Bugün neredeyse tüm illerimizde mısır tarımı yapılmaktadır. Ülkemizde 2020 yılı itibari ile toplam 1.139.585 hektar alanda mısır ekimi yapılmış ve bu ekimi yapılan alandan yaklaşık 9 milyon ton üretilmiştir (TÜİK, 2023a).

Özellikleri bakımından yağlık bir bitki şeklinde kabul edilmemesine rağmen, mısır dünyada ve Türkiye’de bitkisel yağ kullanım sıralamasında ilk üç bitkiden birisidir. Mısır tanesinin yüksek oranda linoleik asit bulundurması, E vitamini ve karotenoid miktarlarınca zengin olması, mısır yağını diğer bitkisel yağlardan üstün tutan en karakteristik özelliklerdir (Turhal, 2021). Dünya çapında, mısır tanesi genellikle nem içeriği %26 ile %36 arasında veya hava koşullarına bağlı olarak daha yüksek ve daha düşük olacak şekilde hasat edilebilir ve sonraki depolama ve hayvan yemlerinde kullanılmak üzere nem oranı yaklaşık %12 ila %15’e ulaşana kadar kurutulur (Córdova-Noboa ve ark., 2021).

Mısır 2023 yılı verilerine göre, dünyada, 192,01 milyon hektarlık bir alanda ekilmiş, yaklaşık 1.2 milyar ton üretilmiş ve birim alandan ortalama 5,85 ton/ha elde edilmiştir. Mısır bitkisinin taneleri, yaprakları, sapı, püskülü ve koçanı olmak üzere her parçası ekonomik değere sahiptir; hepsi çeşitli yan ürünler üretmek için kullanılabilir. Mısırın insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir rol oynadığı ifade edilmiştir (Saritha ve ark., 2020; Ekber, 2023).

Dünya ve ülkemizde, özellikle broiler (etçi tavuk), yumurtacı tavuk, bildircin ve hindi başta olmak üzere pek çok kanatlı hayvanın beslenmesinde mısır tanesi kullanılmaktadır (Giacobbo ve ark., 2021; Kılıç ve Olgun, 2021). Mısır, yüksek enerjisi, düşük lifi, lezzetli olması, pigmentler ve esansiyel yağ asitleri açısından zengin olması nedeniyle küresel olarak kümes hayvan yemi formülasyonlarında tercih edilen tahıllardan birisidir (Panda ve ark., 2013; Dei,

2017; Akter ve ark., 2017; Yousif ve ark., 2021; Ciurescu ve ark., 2023). At dışı mısır türü (*Zea mays indentata Sturt.*) öncelikle hayvan beslenmesi ve gıda hammaddesi amacıyla yetiştirilir. Aslında hayvan beslemesinde tercih edilen en yaygın mısır alt türü olduğu rapor edilmiştir (Turhal, 2021).

Hızlı büyüyen modern et tavukları yeterli miktarda enerji ile protein, özellikle de esansiyel amino asitlere ihtiyaç duyarlar. Dünyanın birçok yerinde kanatlı hayvanların ve özellikle de broilerlerin hızlı büyümesi için gereken enerjinin çoğu nişastadan gelir. Kanatlı yemin en önemli kaynağı tahıldır. Yem endüstrisinde, yaygın kullanılan tahıl tanesi mısırdır (Ai ve Jane, 2016; Agristats, 2018).

Mısırın endospermi neredeyse tamamen depo karbonhidrattan, yaklaşık % 65 KM bazında mevcut olan nişastadan oluşur (Dei, 2017; Córdova-Noboa ve ark., 2020). Mısır nişastasının büyük bir kısmı amilopektindir ve bu nedenle kolaylıkla hayvanın biyolojik olarak yararlanabileceği formdadır (Johnson ve ark., 2022). Mısır tanesinin sindirilebilir enerji (SE) içeriği 3750–4170 kcal/kg'dır. Tavuklar için, ME değerleri 3350 ile 3900 kcal/kg arasında değişir (Dei, 2017; Jacob, 2022; Cao ve ark., 2024). Mısır taneleri sadece enerji kaynağı olarak değerlendirilemez, aynı zamanda önemli miktarda protein de sağlarlar (Suganya ve ark., 2020). Mısır, kanatlıların ME ihtiyacının yaklaşık %65'ine (Stefanello ve ark., 2023) ve düşük lizin ve triptofan içeriği nedeniyle proteini düşük kalitede olsa da, protein ihtiyacının %20-30'una katkıda bulunur (Panda ve ark., 2013; Konieczka ve ark., 2020; Giacobbo ve ark., 2021; Melo-Durán ve ark., 2021). Ayrıca, düşük protein kalitesine ek olarak protein içeriğinin de düşük olması, besin değerini sınırlamaktadır (Dei, 2017).

Mısırın yüksek kullanılabilir enerji değeri, esas olarak yüksek nişasta içeriğinden (%72'ye ulaşabilir) ve çözünebilir düşük nişasta olmayan polisakkarit (NOP) içeriğinden kaynaklanır. Mısırdaki HP içeriği %7 ile %9 arasında değişen nispeten düşük bir orandadır (Johnson ve ark., 2022; Cao ve ark., 2024). Pratik kümes hayvanı rasyonlarında, metiyonin ilk sınırlayıcı amino asittir ve bunu lizin, treonin ve triptofan takip eder (NRC, 1994; Liu ve ark., 2023), bu nedenle bu esansiyel amino asitlerin gereksinimlerini karşılamak için genellikle kümes hayvanı rasyonları sentetik amino asitlerle takviye edilir (Panda ve ark., 2013; Rajasekhar ve ark., 2020). Bunun üstesinden gelmek için, opaque-2 ve flury-2 gibi mutantların keşfiyle mısırdaki protein kalitesinin iyileştirilmesine yönelik ıslah çalışmaları araştırmacıların

dikkatini çekmiştir. Bu mutantlar daha yüksek seviyelerde lizin ve triptofan üretir ve kaliteli proteine sahip mısır (QPM) olarak adlandırılır (Rajasekhar ve ark., 2020). Bununla birlikte, mısırdaki yağ içeriği yaklaşık % 3 ila %4 gibi nispeten yüksektir ve sırasıyla yaklaşık %27 ve %59 olan oleik asit ve linoleik asit açısından zengindir. Mineral içeriği açısından mısır, kalsiyum (Ca) açısından fakir (Ca, yalnızca %0,01) ve %68'i fitat fosfor yapısında olan fosfor açısından zengindir (P, yaklaşık %0,28). İz elementler arasında demir (Fe), bakır (Cu), manganez (Mn), çinko (Zn) ve selenyum (Se) seviyeleri düşüktür (Suganya ve ark., 2020; Cao ve ark., 2024). Mısırın beslenme karşıtı faktörleri arasında NOP, fitat, lektinler ve dirençli nişastalar yer alır (Melo-Durán ve ark., 2021). Mısır hemiselüloz ve selüloz gibi çözünmeyen lifler içerir; bu lifler ortalama olarak kuru ağırlığının yaklaşık %9–15'ini oluşturur (NRC, 2012). Nişasta olmayan polisakkaritlerin içeriği ve doğası, etlik piliçlerin performansı üzerinde olası olumsuz etkileri olan, mısırdaki besin maddelerinin çözünürlüğünü ve kullanılabilirliğini etkileyen iki ana faktör olarak gösterilmektedir (Melo-Durán ve ark., 2021). Düşük NOP'lu mısır enzimlere pek tepki vermez. Bununla birlikte amilaz, ksilanaz ve proteaz içeren enzim karışımının mısır bazlı diyetlerin besin değerini arttırmada etkili ve çok verimli olduğu gösterilmiştir. Veriler, mısır bazlı diyetlere enzim takviyesiyle mevcut enerjide %2-5'lik bir iyileşme olduğunu göstermektedir (Pack ve ark., 1998; Alabi ve ark., 2019; Giacobbo ve ark., 2021). Yan ve ark., (1998), piliçler için mısır bazlı diyetlere fitaz eklendiğinde hastalık ve ölüm vakalarının azaldığını bildirmişlerdir. Mısır bazlı diyetlerde önemli olan enzimler sırasıyla amilaz, ksilanaz, proteaz ve fitazdır (Johnson ve ark., 2022). Tokol içeriği mısır tanesine değer katan kalite unsurlarından biridir. Çünkü tokollerin antioksidan özelliği vardır. Karatonoidler de mısır tanesinde bulunan sarı-turuncu renk pigmentleridir. Bu pigmentler yağda çözünen antioksidan bileşenlerdir (Turhal, 2021).

Mısırın mantarlara (mikotoksin) maruz kalması (Meriç ve Koç, 2021), alternatif kaynaklar ve beslenmeye uygun ucuz tahıl gerektirir. Bu kaynaklardan biri de bulunabilirliği nedeniyle ideal bir ekonomik alternatif olan buğdaydır. Ancak Avrupa, Avustralya ve Kanada'da piliç yemlerinin hemen hemen tüm türlerinde tahılların ana kaynağı buğday olup, mısır ise ABD ve Brezilya'da bu ülkelerdeki yüksek üretimi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Broiler diyetlerinin, suda çözülmüş yüksek miktarda NOP'da

dahil olmak üzere bitki kökenli (özellikle buğday veya arpa) büyük miktarlarda yem maddeleri içermesi, içerdikleri besin maddelerinin faydasını olumsuz yönde etkileyecektir ve bu da piliç performansı üzerinde olumsuz etkiye yol açabilir (Yousif ve ark., 2021).

2. KANATLI KARMAYEMLERİNDE GELENEKSEL ENERJİ KAYNAKLARI

Protein ve karbonhidrat, kanatlı rasyonundaki bileşenlerin toplam maliyetinin yaklaşık %90'ını temsil etmeleri nedeniyle en önemli iki besin maddesidir (Dei, 2017). Ticari etlik piliçlerin beslenmesi amacıyla mısır-soya temeline dayalı yemler kullanılır ve bu besleme standart veya geleneksel olarak kabul edilir (Tufan ve Evren, 2021). Kanatlı hayvanların beslenmesi için kullanılan en önemli enerji kaynağı karbonhidratlardır (Toprak, 2011). Nişasta, kanatlı hayvanlar için ana enerji kaynağıdır (Córdova-Noboa ve ark., 2021; Schramm ve ark., 2021). Kanatlı yemleri esas olarak, tavuklarda anti-beslenme faktörleri olarak NOP'lar (%10 ile %22.7) içeren mısır, buğday, arpa gibi tahıllardan oluşur (Kılıç ve Olgun, 2021; Kim ve ark., 2021; Turhal, 2021). Çünkü mısır, buğday, arpa gibi tahıllar karbonhidratların depo formu olan nişastaca zengindir (Turhal, 2021). Dünyanın çoğu bölgesinde mısır, kümes hayvanlarının beslenmesi için tercih edilen birincil enerji kaynağı olan geleneksel yem maddesidir (Konieczka ve ark., 2020; Giacobbo ve ark., 2021; Kılıç ve Olgun, 2021;; USDA, 2021). Kanatlı sektöründe karmayemin yaklaşık %50-70'ini yoğun enerji kaynakları oluşturmaktadır (Alvarenga ve ark., 2012). Etlik piliç rasyonları hazırlanırken kullanılacak olan mısır oranı rasyonun yaklaşık %50-65'leri seviyesine ulaşabilir (Dei, 2017; Rochell, 2018; Turhal, 2021; Tavernari ve ark., 2022). Ülkemizde de kanatlı karmayemlerinin formüle edilmesinde mısır büyük bir paya sahiptir (Turhal, 2021).

Küresel iklim değişikliği, mısırın bol suya ihtiyacı duyması ve yem maliyetini minimuma indirmek gibi sebeplerden dolayı arpa, buğday, tritikale gibi tahıllar da kanatlı beslenmesinde tercih edilebilmektedir. Ayrıca bu tahıllar ülkemizin her bölgesinde yetiştirilebildiği için bu tahılların hayvan beslenmesinde özellikle kanatlı beslemede kullanımı önerilmektedir (Başer ve Yetişir, 2014; Kılıç ve Olgun, 2021; Yousif ve ark., 2021; Hidayat ve ark., 2022). Ülkemizde kanatlı karmayemlerinde ve diğer hayvancılık kollarında kullanılan mısırın üretimi yetersizdir. Bu sebeple, ihtiyacı karşılamak amacıyla

genellikle ithalat yoluna gidilmektedir (Kılıç ve Olgun, 2021). Türkiye 2023 yılında yaklaşık 3 milyon ton mısır dış alımı yapmıştır (TÜİK, 2023b). Özellikle kanatlı beslemede %75'lere varan yem maliyetlerinin azaltılması bakımından, ülkemizde üretimi, tedariki kolay ve nispeten mısıra oranla daha uygun fiyatlı olabilen buğday, arpa gibi tahılların üretiminin ve kullanımının artırılmasına çalışıldığı bildirilmiştir (Kılıç ve Olgun, 2021; Yousif ve ark., 2021). Kanatlı hayvanların beslenmesinde kullanılan mısır, arpa ve buğday gibi tahılların Sindirilebilir Enerji (SE), HP, Lizin, Acid Detergent Fiber (ADF), Neutral Detergent Fiber (NDF) ve fosfor (P) içerikleri Tablo 2'de karşılaştırılmıştır (Johnson ve ark., 2022).

Tablo 2: Arpa, mısır ve buğdayın SE, HP, Lizin, NDF, ADF ve P içerikleri

Bileşen	Arpa	Mısır	Buğday
SE (kcal/kg)	3.050-3.100	3.525-3.550	3.250-3.365
HP (%)	10.6-11.3	8.3-9.5	12.9-13.5
Lizin (%)	0.39-0.41	0.26-0.26	0.34-0.37
NDF (%)	17.8-18.0	9.6-12.0	10.8-13.5
ADF (%)	6.2-7.1	2.8-3.4	3.5-4.0
P (%)	0.35-0.36	0.25-0.28	0.32-0.36

Bu tahılların haricinde bitkisel yağlar yüksek enerji içerikleri nedeniyle kanatlı beslenmesinde kullanılmaktadır (Turhal, 2021). 1950'li yıllardan bu yana kanatlı hayvanlarda farklı yağ kaynaklarının besin değerini değerlendirmek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Yağlar en iyi ve en yoğunlaştırılmış enerji kaynaklarıdır ve bunların kanatlı diyetlerine dahil edilmesi enerji yoğunluğunu arttırmanın en basit yöntemidir. Kanatlı diyetlerinde en yaygın kullanılan yağ kaynakları, soya fasulyesi (SO), kanola, mısır ve ayçiçek bitkisel yağları olarak sıralanabilir (Allahyari-Bake ve Jahanian, 2017).

Kanatlı diyetlerinde mısırın alternatifi buğdaydır; bununla birlikte, arabinoksilanlar da dahil olmak üzere suda çözünür NOP daha yüksek seviyelerinin, buğday içeren yemlerle beslenen piliçlerde performans ve besin sindirilebilirliği üzerinde olumsuz etkiler yarattığı uzun yıllardır bilinmektedir. Bu tür olumsuz etkilerin sindirim viskozitesinin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Allahyari-Bake ve Jahanian, 2017). Buğday, arpa, çavdar ve yulaf gibi buğdaygil sınıfı yemler, pentozanlar ve β -glukanlar gibi NOP'larca

zengindir ve bunlar kanatlı hayvanlarca enzimatik olarak parçalanamazlar. Bu nedenle anti besinsel faktör özelliği gösterirler ve performansı olumsuz yönde etkilerler (Toprak, 2011; Kılıç ve Olgun, 2021).

3. NİŞASTA OLMAYAN POLİSAKKARİTLER

Nişasta olmayan polisakkaritlerin temel kimyası ve bunların kanatlı hayvan beslenmesindeki etkileri hakkında çeşitli bilgilendirici incelemeler yayınlanmıştır (Slominski, 2011; Bach Knudsen, 2014; Choct, 2015). Nişasta olmayan polisakkaritler, bitkisel yem ham maddelerindeki hücre duvarı polisakkaritleridir. Nişasta olmayan polisakkaritler fiziksel ve kimyasal yapıları açısından son derece karmaşık bileşiklerdir. Bu bileşiklere, selüloz, hemiselüloz, pektinler ve oligasakkaritler örnek verilebilir. Fiziksel özellikleri bakımından suda çözünebilir ve suda çözünemeyen olarak iki kısma ayrılmaktadır. Tablo 3'de bazı buğdaygillerin suda çözünebilir ve suda çözünemeyen ile toplam NOP içerikleri sunulmuştur (Toprak, 2011; Azhar, 2019).

Çözünür NOP, sindirim viskozitesini artırabilir, nişasta ve proteinin sindirilebilirliğini azaltabilir ve dolayısıyla büyüme performansını azaltabilir ve ayrıca altlığın nem içeriğini artırıp "ıslak altlık" problemine sebep olabilir (Dida, 2016; Tsiouris ve ark., 2020). Çözünmeyen kısım ise, besin maddelerini kapsülleyerek bunların kullanımını engelleyebilir (Toprak, 2011; Haribhau ve ark., 2020). Selüloz, hemiselüloz ve pektinler bitki hücre duvarlarının yaklaşık %90'ını oluşturan NOP'un 3 ana kategorisidir. Tahıllarda baskın NOP'lar, toplamın %80 ile 90'ını oluşturan arabinoksilanlar (AX), selüloz ve beta-glukanlardır (Ward, 2021). Kanatlı hayvanlar, arpa, buğday, mısır gibi tahıllarda bulunan NOP ve fitatı parçalamak için gerekli enzimleri salgılayamazlar (Haribhau ve ark., 2020; Turhal, 2021). İnce bağırsağın önemli bir sindirim organı ve gastrointestinal sistemin ana emilim bölgesi olduğu iyi bilinmektedir (Pickard ve ark., 2017; Cui ve ark., 2019). Diğer taraftan Yu ve ark., (2018) ile Saadatmand ve ark., (2019) tarafından yapılan çalışmalarda, NOP tarafından sağlanacak olan lif takviyesinin, yumurtacı tavuklarda ve etlik piliçlerde bağırsak morfolojisinin gelişimini ve fonksiyonel gelişimi arttırdığı rapor edilmiştir (Amirahmadi ve ark., 2020; Kim ve ark., 2021).

Tablo 3: Bazı buğdaygil yem hammaddelerinin NOP içerikleri (g/kg KM)

Tahıllar	Suda çözünebilir	Suda çözünemez	Toplam NOP
Buğday	24	90	114
Arpa	45	122	167
Çavdar	46	86	132
Tritikale	17	146	163
Mısır	9	47	56

Kanatlı karmayemlerinde kullanılan arpa, buğday, mısır gibi tahıllar yapılarında NOP'ları (arpada beta-glukanlar, buğday ve mısırdaki arabinoksilanlar) bulundurlar. Kanatlılar, sindirim sistemlerinin kısa olması, söz konusu polisakkaritleri hidrolize edecek enzimlerden yoksun olduklarından, tükettikleri tahılların sindirimini tam olarak gerçekleştiremezler ve bu yemlerden yeterince faydalanamazlar. Dolayısıyla bağırsak viskozitesini artar, besinlerin sindirimi ile kullanımını azalır. Bu durumlar hayvan performansının düşmesine neden olabilir (Toprak, 2011; Kılıç ve Olgun, 2021; Kirrella ve ark., 2021). Hayvanlarda yemden yararlanma oranını iyileştirmek için kullanılan metotlardan birisi yemlerdeki sindirilmeye derecelerinin artırılmasıdır. Bu amaçla çok çeşitli enzim (β -glukanaz, ksilanaz, selüloz ve fitaz gibi) yem formülasyonlarında yer alabilmektedir. Enzimler, sindirim sistemindeki nişasta yapısında olmayan birtakım besin maddelerini hidrolize ederek bu besin maddelerinin sindirimine destek olurlar. Yem katkı maddesi şeklinde sınıflandırılan enzimler, genellikle fungus ve bakteri orijindir. Her bir enzim farklı bir bileşen üzerine etki eder. Bundan dolayı, yemlere enzim ilave edilecekse karmayemin bileşimine göre seçim gerçekleştirilmelidir. Enzimlerin etkinliği yalnızca katkı yapılan rasyonun bileşimi ve kalitesi ile değil, çevresel faktörler, uygulanan hayvanın türü, yaşı gibi faktörlere göre de değişiklik göstermektedir (Toprak, 2011; Kılıç ve Olgun, 2021). Yeme tek başına ksilanaz takviyesi bağırsak sindirim viskozitesini azaltabilir, patojenik mikroorganizmaları engelleyebilir, besinlerin sindirilebilirliğini arttıracak şekilde bağırsağın emilim kapasitesini geliştirebilir ve piliçlerin performansını geliştirebilir. Hücre duvarının ksilanazlar tarafından hidrolizi, endojen enzimlerin hücre içi içeriğe erişimine izin verir. Amilaz, mısır-soya küspesi diyetleriyle beslenen piliçlerde nişasta ve AME'nin sindirilebilirliğini artırabilir ve yem yararlanma oranını azaltabilir. Proteaz, etlik piliçlerde bağırsak mikrobiyal zenginliğini ve çeşitliliğini değiştirip nişasta ve yağın sindirilebilirliğini artırabilir (Giacobbo ve ark., 2021; Luo ve ark., 2022).

Arpa üretimi, mısıra göre ülkemizde yaygın ve ucuzdur. Ancak düşük enerji ve β -glukan, arabinoksilanlar ve fitik asit ile yüksek oranda selüloz gibi antibesinsel faktörler içermesinden kaynaklı kanatlı rasyonlarında kullanımı sınırlıdır (Toprak, 2011; Kılıç ve Olgun, 2021). Ancak, arpa, buğday ve yulafın yoğun şekilde üretildiği Avrupa ülkelerinde, kanatlı rasyonlarında, β -glukanaz katkısı çok uzun senelerdir kullanılmaktadır (Elwinger ve Saterby 1987; Almirall ve Esteve Garcia, 1994; Mathlouthi ve ark., 2003). Ayrıca, Yousif ve ark., (2021), buğdayda bulunan fitik asitin, demir, kalsiyum, manganez ve çinko gibi minerallerin ince bağırsaklarda emilmeden önce onlara bağlanarak emilimini engellediği de bildirilmektedir. Ek olarak, buğday tanesindeki fazla fosfor atıldığında, çevre sorunlarını ağırlaştırdığı rapor edilmiştir (Amirahmadi ve ark., 2020).

Kanatlı diyetlerine eksojen enzimlerin eklenmesi, istenmeyen etkileri azaltabilir ve anti-beslenme faktörlerini ortadan kaldıracaktır (Alabi ve ark., 2019) ve endojen enzimlerin etkisini destekleyebilir (Stefanello ve ark., 2019). Rasyonlara eksojen çoklu enzim ve fitazın kombinasyon halinde eklenmesi halinde, etlik piliçlerde sinerjistik bir etkinin ortaya çıkabileceği tahmin edilmektedir (Kim ve ark., 2021). Çoklu enzim aktiviteli ürünler, piliç rasyonlarında 20 yılı aşkın bir süredir ticari olarak kullanılmaktadır (Amerah ve ark., 2017). Substrat bağımlı olmasına rağmen amilaz, ksilanaz ve proteaz gibi enzimlerin kombine kullanımı hayvanlarda ilave veya sinerjistik etkiler gösterdiği bildirilmiştir (Giacobbo ve ark., 2021). Enzimatik takviye kullanımının buğday ve soya fasulyesi bazlı yemlerden enerji kullanımını artırdığı, düşük enerjili diyetlere enzim eklemenin et kalite parametrelerini ve ince bağırsak özelliklerini iyileştirmede etkili bir strateji olduğunu belirtilmiştir (Amirahmadi ve ark., 2020). Kim ve ark., (2021)'e göre, mısır, buğday ve SFK'den oluşan broyler rasyonlarına fitaz ve çoklu enzim eklenmesi, büyüme performansı ve besin maddelerinin kullanımı üzerinde sinerjik bir iyileşme göstermiştir.

3.1. Mısırın Nişasta Olmayan Polisakkarit İçeriği

Mısırdaki da birçok beslenme karşıtı faktör vardır. Mısır, ksilan ve selüloz gibi yüksek konsantrasyonda çözünmeyen NOP'lara sahiptir. Bu da sindirim enzimlerinin bitki hücreleri içinde yer alan nişasta ve protein bileşenlerine erişme ve onları tamamen sindirme yeteneğini sınırlar (Luo ve ark., 2022).

Doğru eksojen enzim kombinasyonları vasıtasıyla mısırın diğer tahıllarla az veya çok yer değiştirmesine yönelik araştırmalara öncelik verilmesi önerilmektedir (Kutlu ve Şahin, 2017). Ek olarak mısırdaki büyük miktarlarda doğal trypsin inhibitörleri (kuru maddede 0.56 ve 1.87 mg/g) bulunmaktadır (Luo ve ark., 2022).

Mısırdaki karbonhidratlar yapısal ve depo formunda olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Standart bir mısır tanesinde depo formu olan nişasta oranı %61-78 arasında değişmektedir. Mısırın nişastasası iki temel öğeden meydana gelmiştir. Bu öğeler amiloz (AM) ve amilopektindir (AP). Yapıdaki iki alt öğe kimyasal zincir yapısı yönünden önemli farklılıklara sahiptirler. Amilozun, kısa ve doğrusal yapıya sahip bir molekül yapısı, amilopektinin ise uzun ve çok dallı bir yapısı vardır (Turhal, 2021; Luo ve ark., 2022). Amilopektin yalnızca a-1,4-glikozidik bağlara değil aynı zamanda a-1,6-glikozidik bağları da sahiptir. Hayvan pankreasları a-1, 4-glikozidik bağları parçalamak için yalnızca a-amilaz salgılar, amilopektin ise yalnızca amilopektaz tarafından hidrolize edilebilir (Luo ve ark., 2022). Mısırdaki birincil NOP AX'dır ve toplam karbonhidrat fraksiyonunun %50 veya daha fazlasını oluşturur. Diğer tahıllarla karşılaştırıldığında mısırdaki AX, enzimatik parçalanmaya karşı özellikle dirençlidir. AX'e özgü olarak ksilan, üzerine çeşitli ikame edicilerin eklendiği b-1,4-bağlı D-ksiloz birimlerinden oluşan doğrusal bir yapı iskelesidir. Bu mısır, buğday, arpa ve diğer tahıl tanelerindeki ana ksilandır (Ward, 2021).

4. KANATLI KARMAYEMLERİNDE ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI

Ticari kümes hayvanı yemleri büyük ölçüde tahıllardan ve yağlı tohum küspelerinden oluşur (Rochell, 2018; Kirrella ve ark., 2021). Kümes hayvanlarının insan tüketimine uygun olmayan tarımsal yan ürünleri yenilebilir proteine dönüştürme kapasitesinin artırılması, artan küresel hayvansal protein talebinin sürdürülebilir bir şekilde karşılanması açısından önemli olacaktır (Rochell, 2018).

Yem, kümes hayvanı yetiştiriciliğinde en yüksek giderlerden biridir ve piliç üretiminin toplam maliyetinin %60-70'ini oluşturabilir (Kirrella ve ark., 2021). Akinsola ve ark., (2024)'e göre; kümes hayvanı yemi bileşiminde kullanılan hammaddelerin maliyetinin (özellikle de mısırın) %100 arttığı ve bu

durumun pazarda kümes hayvanı ürünlerinin fiyatını sürekli etkilediği rapor edilmiştir.

Bu yüzden beslenme uzmanları, kanatlı hayvan yemlerinde kullanılan pahalı, mısır, arpa, buğday gibi geleneksel enerji kaynaklarına alternatif, kanatlı performansından ödün vermeden maliyetleri düşürmek amacıyla daha ekonomik sorgum, DDGS, tapyoka, HG gibi alternatifler aramaktadırlar (Kirrella ve ark., 2021; Meriç ve Koç, 2021; Saleh ve Alzawqari, 2021; GUO Qi-qi ve ark., 2024; Işık ve Demir, 2023).

Geleneksel kanatlı hayvan yemi içeriklerinin çoğu, özellikle de tropik ülkelerde mısır, insan tüketimi için de talep edildiğinden pahalıdır ve ayrıca biyoetanol üretimi için kullanılabilir (Chang'a ve ark., 2020; Ciurescu ve ark., 2023).

Dolayısıyla kümes hayvanı sektörünün sürdürülebilirliğini etkileyebilir. Mısırın yüksek ve öngörülemeyen fiyatları nedeniyle, dünyanın farklı bölgelerinde sorgum, darı, tatlı patates ve manyok, HG, DDGS gibi enerji açısından zengin ve düşük fiyata sahip alternatif yem maddelerinin kullanılması, ticari kümes hayvanı üretimine yönelik yemlerin formüle edilmesinde en iyi strateji olabilir (Chang'a ve ark., 2020; Meriç ve Koç, 2021; Işık, 2024). Türkiye gibi mısırı ithal eden ülkelerin de alternatif yem maddeleri bulma ihtiyacı vardır (Kılıç ve Olgun, 2021; Masenya ve ark., 2021). Örneğin tapyoka (cassava), ile yapılan bir çalışmada (Chang'a ve ark., 2020), büyüme performansından ödün vermeden %50'ye kadar mısırın yerini alabileceğini, ancak manyok seviyeleri %50'nin üzerine çıktığında olası olumsuz etkileri olabileceği bildirilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada (Işık, 2024); HG'in mısırın yerine %10 oranına kadar katılabileceği rapor edilmiştir.

4.1. Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench), dünyanın çeşitli bölgelerinde gıda ve yem açısından önemli bir üründür ve üretim hacmi açısından buğday, pirinç, mısır ve arpadan sonra dünyanın beşinci en önemli tahıldır (FAOSTAT, 2020). Sorgumun mısırla karşılaştırılabilir bir besin bileşimine sahip olduğu rapor edilmiştir (Rumler ve ark., 2021). Etuk ve ark., (2012) mısırla karşılaştırıldığında, sorgumun protein içeriğinin daha yüksek olduğunu ancak tam tersine mısırın enerji ve yağ içeriğinin sorgumdan nispeten daha yüksek olduğunu, sorgumdaki amino asit içeriklerinin ise mısırla karşılaştırılabilir

düzeyde olduğunu belirtmişlerdir. Sorgumun lizin sindirilebilirliğinin mısıra benzer olduğu rapor edilmiştir ve mısırın yerine geçecek yem içeriklerinden biri olarak önerilmiştir. Bazı ülkelerde mısırın yanı sıra sorgum da kanatlı hayvan yemlerinde enerji kaynağı yem maddesi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Hidayat ve ark., 2022). Çeşitli çalışmalar (Torres ve ark., 2013; Fagundes ve ark., 2017; Saleh ve ark., 2019), sorgumun mısır yerine kullanılmasının çeşitli etkilere sahip olduğunu, bazılarının performans açısından olumlu olduğunu, diğer deneylerin ise olumsuz sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Sorgum mısırdan farklı olarak marjinal alanlarda yetiştirilme avantajına sahiptir (Suganya ve ark., 2020; Hidayat ve ark., 2022; Toklu, 2022). Afrika gibi özellikle suyun çok kısıtlı olduğu bölgelerde sorgum, yerel iklim koşulları göz önüne alındığında potansiyel sürdürülebilir mısıra alternatif bir yem bitkisi olabilir (Masenya ve ark., 2021). Tüm dünyada küresel ısınmaya tepki olarak sorgum, gelecekteki iklim değişikliğine uyum sağlayabilecek bir bitki haline gelebilir, bu nedenle yem içerikleri de dahil olmak üzere yetiştiriciliğinin ve kullanımının en üst düzeye çıkarılması gerekiyor (Masenya ve ark., 2021; Selle ve ark., 2021).

Küçük tanelere sahip sorgum, jumbo bildircin rasyonlarında da mısırın yerine kullanılacak potansiyel enerji kaynağı olabilir (Masenya ve ark., 2021). Ancak sorgumun kümes hayvanı yeminde kullanımının sınırlamalara sahip olduğu bildirilmektedir, çünkü sorgumun tanen, kafirin ve fitat gibi beslenme karşıtı bileşikleri vardır. (Selle ve ark., 2018). Tanenler besinleri bağlayarak karmaşık bileşikler oluşturur ve onları kümes hayvanlarının sindirim kanalındaki bozulmaya karşı dirençli hale getirir. Ayrıca tanenlerin protein ve nişastaya bağlanarak protein ve nişasta sindirilebilirliğinin düşük olmasına neden olduğu da rapor edilmiştir (Saleh ve ark., 2019). Sorgum tanesinde kafirin, endosperm hücre duvarı ve ferulik asit, tanenler ve fitatın varlığı, sorgum tanesinin enerji kaynağı olarak kullanımını sınırlamaktadır. Kanatlı rasyonlarında mısır tanesi yerine sorgum tanesi kullanıldığında uyumsuz sonuçların rapor edilmesinin nedeni bu olabilir (Masenya ve ark., 2021).

Anwar ve ark., (2018), sorgumdaki toplam P'nin çoğunun Fitat-P formunda (%81-83) olduğunu bildirmiştir. Fitat, protein ve mineralleri bağlayarak kümes hayvanlarının bağırsaklarında sindirilememektedir. Broyler

diyetinde sorgum kullanımının, kontrol diyeti (mısır diyeti) ile karşılaştırıldığında piliç tavuk üretim performansı, bağırsak villusları, tibia mineral içeriği ve besin sindirilebilirliği üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Mevcut çalışmanın sonuçları, mısıra olan bağımlılığı azaltmak için sorgumun tavuk diyetlerinde kullanılabilirliğini göstermiştir (Selle ve ark., 2021). Bu bakımdan, enerji değeri açısından mısıra çok benzer olan sorgumun, kanatlı beslenmesinde kullanılabilirliği, seçmeli yemleme araştırmaları ile de anlaşılmıştır. Mısırla beslemeye kıyasla, sorgumla beslemenin ayak taban dermatitisi lezyonlarını azalttığına dair bildirimlerinde olması, sorgumun kanatlı beslenmesindeki önemini arttırmaktadır (Kutlu ve Şahin, 2017). Yapılan çalışmalarda mısıra alternatif olarak sorguma yoğunlaşmış, ancak DDGS ve tapiyoka gibi ürünlerle ilgili araştırmalara da ilgi giderek artmaktadır. Özellikle son dönemde biyodizel yan ürünü olan ham gliserinle ilgili çalışmalar önem kazanmıştır (Kutlu ve Şahin, 2017; Rochell, 2018; Işık, 2024).

4.2. DDGS ve HG

Bugün pek çok amaç için kullanılan, dünya enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılayan fosil kaynakların giderek azalması, sera gazı emisyonlarının istenmeyen etkileri, istikrarsız petrol ve türevi fiyatları ile artan enerji talebi, hükümetleri daha çevre dostu, düşük maliyetli, yenilenebilir ve istikrarlı alternatif enerji kaynakları kullanmaya sevk etmektedir. Çünkü dünya nüfusunun artmasından kaynaklı enerji arzının artışı küresel bir probleme neden olabileceği rapor edilmiştir (Şahin ve Sural, 2020; Meriç ve Koç, 2021; Bölükbaş ve Kaya, 2022). Aynı zamanda gelişmiş ve bazı gelişmekte olan ülkelerin fosil yakıtlara olan dış bağımlılığı, petrol rezervlerince zengin coğrafyalardaki siyasi istikrarsızlıklar ve savaşlar, devletleri ve araştırmacıları alternatif birtakım enerji kaynaklarına yöneltmektedir. Hayvan besleme açısından biyoetanol ve biyodizel üretiminin yan ürünleri olan DDGS ve HG son dönemlerde önem kazanmıştır (Şenyüz ve ark., 2015; Tavernari ve ark., 2022).

Mısır, şeker kamışı, buğday ve patates gibi bitkisel ürünlerden üretilen biyoetanol, orijini şeker ve nişasta olan, oktanı yüksek bir biyoyakıttır (Meriç ve Koç, 2021). Bunun yan ürünü İngilizcesi “Distiller’s dried grains with solubles” (DDGS) olup, Türkçesi “Kurutulmuş Damıtık Tahıl ve Çözünür Maddeler” olarak çevrilmiştir. Değerli bir enerji kaynağı olan DDGS,

sindirilebilir amino asitler ve değerlendirilebilir fosfor kaynağı olarak kümes hayvanı yemlerinde mısır bazlı etanol üretiminin bir yan ürünüdür ve yaklaşık 20 yıldır alternatif yem kaynağı olarak kullanılmaktadır (Rochell, 2018; Meriç ve Koç, 2021). Mısırdan üretilen DDGS %86-93 kuru madde, %22-37 ham protein, %3-15 ham yağ, %2 ham kül, %5 ham selüloz ve %4-9 gibi düşük bir oranda nişasta içermektedir (Meriç ve Koç, 2021).

Kanatlı beslemede DDGS'in etlik piliçlerde karmayemin %12-15'ine, yumurta tavuklarında rasyonun %15'ine kadar katılabileceği bildirilmiştir (Kutlu ve Şahin, 2017). Üretilen DDGS miktarı, besin madde içeriği, amino asit düzeyi, iyi bir enerji kaynağı özelliği göstermesi, protein içeriğinin mısıra göre fazla olması, daha ekonomik olması ve hayvan beslemede kullanımının yaygınlaşması gibi nedenler düşünüldüğünde, DDGS'nin ithal edilmesi konusundaki teşebbüslerin giderek artış göstermesi beklenmektedir (Meriç ve Koç, 2021). DDGS'nin rasyona dahil edilmesi, kümes hayvanı diyetlerini formüle etmek için gereken mısır ve soya fasulyesi küspesi gibi birincil bileşenlerin miktarını azaltarak hem biyoyakıt hem de kümes hayvanı üretiminin sürdürülebilirliğini artırabilir (Rochell, 2018).

Ayrıca, biyoyakıt sanayinin bir diğer yan ürünü olan HG'in broiler rasyonlarında %5-10 seviyelerinde kullanılabileceği bildirilmiştir (Min ve ark., 2008; Işık, 2024;). Son yıllarda ülkemizdeki sanayiciler de pek çok nedenden kaynaklı yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi göstermektedirler. Ancak, biyoyakıt sanayinden üretilen bu yan ürünleri hayvanların beslenmesinde daha verimli bir şekilde kullanabilmek için; bu yan ürünlerin kümes hayvanların hem et hem yumurta verimlerini nasıl etkilediği, rasyonlardaki optimum miktarların tayin edilmesini sağlayacak çok sayıda akademik çalışmanın yapılması gerektiği bildirilmiştir (Kutlu ve Şahin, 2017).

4.3. Manyok Bitkisi, Tapyoka (Cassava)

Manyok Euphorbiaceae familyasına ait bir bitki türüdür. Anavatanı Brezilya'dır. 2020 verilerine göre dünyada 22.732.193 hektar alanda manyok dikilmiş, verim değeri 15.35 ton/ha ve üretim 296.7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Dünyada üretilen manyokun %50'si Afrika'da, %30'u Asya'da ve %20'si ise Latin Amerika'dan elde edilmektedir. Manyok yüzyıllardan beri pek çok ülkede bir besin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bugün, gelişmekte olan ülkelerde milyonlarca insan tarafından tüketilen ve bazen de bitkisel bir

ilaç olarak kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise yumru kökünün sahip olduğu yüksek nişasta nedeniyle, hayvan yem rasyonlarında kullanılmaktadır. Manyokun kök yumruları (tapyoka) enerji açısından oldukça zengindir ve başlıca nişasta ve bazı çözülebilir karbonhidratlar içermektedir, fakat protein açısından fakirdir. Manyok yumruları %30-40 oranında kuru madde içerir. Kuru madde içeriği içerisinde en önemli bileşik nişasta ve şekerdir. Bu da yaklaşık kuru maddenin %90 oluşturmaktadır. Kuru manyokta metabolik enerji 3500-4000 kcal/g. olup mısır ununa benzerdir. FAO manyokun pirinç ve mısırdan sonra en önemli 3. enerji kaynağı olduğunu açıklamıştır. Manyok bitkisinde 3 tip kök bulunmaktadır. Birincisi saçak beyaz kök bitkinin ihtiyacı olan su ve besin maddelerinin topraktan alınmasını sağlar. İkinci kök olarak destek kök bulunmaktadır. Bu kökler toprağa tutunmayı sağlayarak sapa destek sağlar. Üçüncü kökler, yumru köklerdir (tapyoka). Bunlar karbonhidratlar depolar. Manyoka yumruları uzun, sert konik yapıda olup soyulabilen kabuk ile kaplanmış homojen bir yapıya sahiptir. Yumrunun dış kabuğu 1 mm kalınlığında kahverenginde ve sert bir yapıdadır.

Bir diğer alternatif enerji kaynağı olan manyok bitkisinin yumru kökü (tapyoka, cassava), yüksek verim, zengin nişasta ve lif, yüksek enerji değeri gibi özelliklere sahiptir. Kümes hayvanı yetiştiriciliğinde mısır veya diğer enerji yemlerinin yerini alabilir. Cassava ürünlerinin etkili kullanımının kümes hayvanı üretiminin yem maliyetini düşürdüğü bildirilmiştir. Ancak cassava kullanımı düşük protein ve anti-beslenme faktörleri gibi birçok faktörle sınırlıdır. Doğru işleme ve bilimsel formül kullanılarak kümes hayvanı yemlerine cassava ekleme miktarı iyileştirilebilir (GUO Qi-qi ve ark., 2024). Afrika, Asya ve Güney Amerika'da yaygın olarak yetiştirilmektedir (Ogbuewu ve Mbajiorgu, 2023). Büyük oranda Afrika'da manyok bitkisinin kökünden üretilmektedir (Devi ve Diarra, 2021). Etlik piliçler ve yumurtacı tavuklarda kullanımı ile ilgili çalışmalar mevcuttur (Ogbuewu ve Mbajiorgu, 2023). Son zamanlarda sarı mısırın etanol üretimi için kullanımının artması, önemli miktarda mısır tüketilmesine neden olmuş ve bu da mısır fiyatına büyük etki yapmıştır. Bu durum kanatlı hayvan üretimini de önemli ölçüde etkilemiştir (Saleh ve Alzawqari, 2021). Afrika'nın Nijer bölgesinde yetiştirilen, manyok bitkisi ve onun kök yumrusu, Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: Manyok bitkisi ve onun kök yumrusu tapyoka

5. KANATLI ÜRÜNLERİNİN ÖNEMİ

Kısa üretim aralığı ve diğer hayvansal protein kaynaklarına göre ucuz olması sebebiyle dünyada en çok talep edilen ürünlerden biri olan tavuğun, etinin ve yumurtasının besin değeri oldukça kaliteli ve yüksektir (Dei, 2017; Çelek, 2022). Tavuk yumurtasının biyolojik değeri 100'e yakındır (Çelek, 2022). Kanatlı eti ve yumurtası, artan gıda ihtiyacı ve küresel protein tüketimine yönelik talebin karşılanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Yem, kanatlı üretiminde en büyük girdi maliyetidir ve toplam canlı üretim maliyetinin %50-70'ini oluşturabilir (Rochell, 2018; Çelek, 2022; Can, 2024). Yemden yararlanma oranı ve büyüme hızı genetik ıslah sayesinde artan etlik piliçler, hızlı büyüme oranları ve kaliteli karkas nedeniyle yetiştirilirler (Tufan ve Evren, 2021). Etlik piliçlerde karkas randımanı diğer hayvanlara göre yüksektir (Çelek, 2022). Etlik piliç sektörü artan dünya nüfusunun kaliteli ve ucuz protein ihtiyacının karşılanmasında büyük paya sahiptir (Şahin ve Sural, 2020; Atay, 2021). Her geçen gün önemi ve talebi artış göstermektedir (Atay, 2021). Çünkü kırmızı et fiyatları tavuk eti ile karşılaştırıldığında daha yüksektir (Gürbüz ve ark., 2023). BESD-BİR verileri incelendiğinde yıllar içinde beyaz et tüketimindeki artış görülmektedir (Anonim, 2023).

Özellikle Covid-19 salgınından sonra tedarik, taşıma ve fiyat dalgalanmalarının da etkisi ile dünyada hayvansal proteine ulaşmada sorunlar görülmüş ve bazı insanlarda protein açığı baş göstermiştir (Çelek, 2022; Işık, 2024). Ayrıca son dönemde ortaya çıkan savaşlar ve tahıl krizi gibi durumlar da gıdaya olan erişimi doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir (Meriç ve Koç, 2021; OECD/FAO, 2023). Çünkü insanların beslenme alışkanlıkları zaman içinde değişse de tahıl ürünleri hala en tercih edilen besin kaynağıdır. Aynı zamanda bu ürünler hayvanların beslenmesinde de kullanılır. Bu

sebeplerden dolayı özellikle en ucuz, kaliteli hayvansal protein kaynağı olan kanatlı hayvanların sayısını ve bunlardan elde edilen ürünlerin miktar ve kalitesini artırmak ve bunu alternatif enerji kaynakları ile gerçekleştirmek önemli hale gelmiştir (Can, 2024; Işık, 2024).

Broiler üretimi dünya çapında 1940'lı yıllardan başlayarak gelişim göstermiş, domuz etinden sonra en çok üretilen ikinci ürün olmuştur. Gelecek yıllarda bu talebin devam etmesi beklendiğinden dolayı hem tavuk eti üretimi hem de tüketimindeki artışın diğer etlere kıyasla daha fazla olacağı tahmin edilmektedir (Tufan ve Evren, 2021). Tavuk etine yönelik artan talebi karşılamak için, küresel üretimin 2050 yılına kadar iki katına çıkması gerekebilir (Chrystal ve ark., 2020). Kanatlı dendiğinde sadece etlik piliç ve yumurta tavuğu akla gelmemelidir. Diğer kanatlı ürünlerinde (ördek, hindi, kaz ve bildircinlar) de tıpkı ticari tavuklar ve yumurtalarda olduğuna benzer yararlanabildiğimiz amino asitler ve vitaminler bulunmaktadır. Ayrıca kolesterol içeriği de kırmızı ete kıyasla düşüktür (Çelek, 2022).

İnsanların hayvansal protein tüketim miktarları ve düşük maliyetle bu ürünlere ulaşabilme oranı ülkelerin gelişmişlik seviyeleri hakkında bilgi vermektedir. Kişi başı günlük protein tüketimi 35-40 gram seviyesinde olmalıdır (Yaranoğlu ve Temel, 2023). Özellikle az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde, toplumların hayvansal kökenli protein gereksiniminin karşılanmasında piliç eti ve tavuk yumurtası önemli bir paya sahiptir (Dei, 2017; Rochell, 2018; Tufan ve Evren, 2021). Dünyada kişi başına düşen et tüketimi, OECD-FAO, (2021) yılı verilerine göre 35.2 kg'dır. Bu oran gelişmiş ülkelerde 69.5 kg iken gelişmekte olan ülkelerde ise 27.6 kg'dır. Dünya çapında 2021 yılında kişi başı kanatlı eti tüketimi ise 15.1 kg olarak bildirilmiştir. Bu sayı Türkiye'de 21.9 kg'dır (Yaranoğlu ve Temel, 2023). Dünyadaki toplam et üretimi 337.3 milyon tondur. Üretilen toplam etin % 40.6'sı kanatlıya aittir (FAO, 2020). Tüketiciler yönünden piliç eti, fiyat açısından diğer etlerle kıyaslandığında daha ucuzdur. Bu durum kanatlı piyasasında, piliç eti satışlarını pozitif olarak etkilemektedir. Kanatlı eti üretimi 2018 senesinde 127.3 milyon iken, 2019 senesinde 133.6 milyon tona çıkmıştır. Fakat 2020 yılında çıkan Covid-19 pandemisinden dolayı artış hızı düşmüş 137 milyon ton olmuştur. Piliç eti üretiminde ABD, Çin ve Brezilya ilk üç sırayı almaktadırlar (Yıldız, 2021). Mısır, tahıllar içerisinde kümes hayvanlarının ana besin kaynağıdır ve mısır bileşeninin enerji içeriğinin doğru bir şekilde anlaşılması,

alternatiflerinin geliştirilmesi, doğru rasyonların formüle edilmesi ve yem maliyetlerinin azaltılması açısından önemlidir (Liu ve ark., 2023).

6. SONUÇ

Mısır ticari kanatlı beslenmesinde halen kullanılan ana enerji kaynağıdır. Ancak küresel iklim değişikliği, tahıl krizleri, mısırın su ihtiyacının fazla olması ve mısır fiyatları ayrıca arpa, buğday gibi tahıllardaki değerlendirilemeyen NOP'lar ve fiyatı yüksek olan enzimler kullanma zorunluluğu gibi nedenlerden dolayı alternatiflerin geliştirilmesi gerekmektedir. Son yıllarda, kanatlı yem rasyonlarında, sorgum, DDGS, HG ve tapyoka (cassava) gibi alternatif enerji kaynakları hem bilim insanları hem de sektör tarafından değerlendirilmektedir.

Artan dünya nüfusuna paralel, insanların hayvansal protein talepleri artmaktadır. Bu talebi karşılamada, en efektif ve kolay yol, kanatlılardır. Bir ürün, hayvansal bitkisel veya sentetik olabilir, bu mamul ürünün en ucuz yöntemlerle üretilmesi gerekmektedir. Bunun yoluda, girdi maliyetlerini düşürmekten geçmektedir. Günümüzde her ne kadar mısır tanesi, kanatlı yem rasyonlarına vazgeçilmez bir tahıl türü olsa bile, yukarıda mısır ile ilgili bahsedilen kaygılar ve artan dünya nüfusu göz önüne alındığında, alternatif enerji kaynaklarının, kanatlı yem rasyonlarına dahil edilmesi ve bu konularda araştırmaların yapılması hem kamu hemde özel sektörün yararına olacaktır.

KAYNAKLAR

- AgriStats (2018). AgriStats Montly Live Production, April. AgriStats, Inc, Fort Wayne, Indiana.
- Ai, Y. and Jane, J.L. (2016). Macronutrients in corn and human nutrition. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 15(3): 581–598. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12192>
- Akinsola, K.L., Onabanjo, R.S., Udorji, F.I. and Nwadiuto, C.C. (2024). Haematological indices and serum biochemistry of finisher broiler chickens fed high-quality cassava peel meal supplemented diet. *Nigerian Journal of Animal Production*, 927–932. <https://njap.org.ng/index.php/njap/article/view/5852>
- Akter, Y., Hutchison, C., Liu, S. and O’shea, C.J. (2017). Comparison of wheat and maize-based diets on growth performance and meat quality of broiler chickens. In: Proceedings of the 28th Annual Australian Poultry Science Symposium, p. 233–236, University of Sydney, Feb: 13–15, Sydney/Australia.
- Alabi, O.O., Shoyombo, A.J., Akpor, O.B., Oluba, O.M. and Adeyonu, A.G. (2019). Exogenous enzymes and the digestibility of nutrients by broilers: a mini review. *International Journal of Poultry Science*, 18:404-409.
- Allahyari-Bake, S. and Jahanian, R. (2017). Effects of dietary fat source and supplemental lysophosphatidylcholine on performance, immune responses, and ileal nutrient digestibility in broilers fed corn/soybean meal-or corn/wheat/soybean meal-based diets. *Poultry Science*, 96(5): 1149–1158. <https://doi.org/10.3382/ps/pew330>
- Almirall, M. and Esteve-Garcia, E. (1994). Rate of passage of barley diets with chromium oxide: influence of age and poultry strain and beta-glucanase supplementation. *Poultry Science*, 73: 1433–1440.
- Alvarenga, R.R., Lima, E.M.C., Zangeronimo, M.G., Rodrigues, P.B. and Bernardino, V.M.P. (2012). Use of glycerine in poultry diets. *World's Poultry Science Journal*, 68: 637-644.
- Amerah, A.M., Romero, L.F., Awati, A. and Ravindran, V. (2017). Effect of exogenous xylanase, amylase, and protease as single or combined activities on nutrient digestibility and growth performance of broilers fed

- corn/soy diets. *Poultry Science*, 96(4): 807–816.
<https://doi.org/10.3382/ps/pew297>
- Amirahmadi, E., Safamehr, A.R., Nobakht, A. and Mehmannaavaz, Y. (2020) Adding wheat and rapeseed meal to corn-soy diets affects intestinal morphology and nutrient digestibility in broilers. *South African Journal of Animal Science*, 50 (6): 801-806.
<https://doi.org/10.4314/sajas.v50i6.5>
- Anonim (2023). Beyaz et sanayicileri ve damızlıkçıları derneği. (Erişim tarihi 13/03/2024) <https://besd-bir.org/tr/statistikler>
- Anonim (2024). Wikipedia. (Erişim tarihi 13/08/2024), https://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnya_n%C3%BCfusu
- Anwar, M.N., Ravindran, V., Morel, P.C.H., Ravindran, G. and Cowieson, A.J. (2018). Measurement of the true ileal calcium digestibility of some feed ingredients for broiler chicken chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 237: 118–128.
<http://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.01.010>
- Asfaw, M.D. (2022). Effects of animal manures on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Science and Phytopathology*, 6: 33-39.
<http://10.29328/journal.jpasp.1001071>
- Atay, A. (2021). Using of probiotics on performance, carcass characteristic, some blood parameters, and intestine morphology in broiler chickens. *International Journal of Anatolia Agricultural Engineering*, 3(2): 48-56.
- Ayyar, S. and S. Appavoo. (2016). Effect of graded levels of Zn and microbial inoculation on NPK availability and their uptake for maize in black soil. *Madras Agricultural Journal*, 103 (7-9): 207-212.
<https://doi.org/10.29321/MAJ.10.001021>
- Ayyar, S., Appavoo, S., Basker, M., Pandiyarajan, P. and Kavimani, R. (2019). Effect of zinc and microbial inoculation on soil enzyme activities for maize (*Zea mays* L.) in black soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8 (8):1804–1814.
<http://10.20546/ijcmas.2019.808.213>
- Azhar, M.R. (2019). Broylar (etlik piliç) için buğdayın besleme değerinin anlaşılması ve iyileştirilmesi. Doktora Tezi, s. 13-46, Tarım Üniversitesi, Hayvan Beslenmesi ABD, Faisalabad, Pakistan.

- Bach Knudsen, K.E. (2014). Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets. *Poultry Science*, 93:2380-2393.
- Başer, E. ve Yetişir, R. (2014). Enzim ilave edilmeden mısır yerine farklı seviyelerde tritikale kullanımının etlik piliç civcivlerin büyüme performansı üzerine etkisi. *Hayvansal Üretim*, 55(1):7-13. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.363898>
- Bölükbaş, B. and Kaya, İ. (2022). Utilization of crude glycerin in ruminant diets. *Erciyes University, Journal of Faculty of Veterinary Medicine*, 19(1): 74-82. <https://doi.org/10.32707/ercivet.1084972>
- Can, M.B. (2024). Mısır ve buğday glüteninin ruminant beslemede kullanımı. *Hayvansal Üretim*, 64(2) 93-102. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.1331751>
- Cao, H., Yan, L., Song, X., Liu, L., Xu, S., Hu, S. and Zhang, S. (2024). Determining the nutritional values of new corn varieties on pigs and broilers. *Frontiers In Veterinary Science*, 11:1358773. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1358773>
- Chang'a, E.P., Abdallah, M.E., Ahiwe, E.U., Mbagha, S., Zhu, Z.Y., Fru-Nji, F. and Iji, P.A. (2020). Replacement value of cassava for maize in broiler chicken diets supplemented with enzymes. *Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences*, 33(7): 1126–1137. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0263>
- Choct, M. (2015). Feed non-starch polysaccharides for monogastric animals: classification and function. *Animal Production Science*, 55:1360–1366.
- Chrystal, P.V., Moss, A.F., Khoddami, A., Naranjo, V.D., Selle, P.H. and Liu, S.Y. (2020). Effects of reduced crude protein levels, dietary electrolyte balance, and energy density on the performance of broiler chickens offered maize-based diets with evaluations of starch, protein, and amino acid metabolism. *Poultry Science*, 99(3): 1421–1431. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.060>
- Ciurescu, G., Vasilachi, A., Idriceanu, L. and Dumitru, M. (2023). Effects of corn replacement by sorghum in broiler chickens diets on performance, blood chemistry, and meat quality. *Italian Journal of Animal Science*, 22(1): 537–547. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2023.2212695>

- Córdova-Noboa, H. A., Oviedo-Rondón, E. O., Matta, Y., Ortiz, A., Buitrago, G. D., Martinez, J. D., Yanquen, J., Hoyos, S., Castellanos, A. L. and Sorbara, J.O.B. (2021). Corn kernel hardness, drying temperature and amylase supplementation affect live performance and nutrient utilization of broilers. *Poultry Science*, 100(10): 101395. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101395>
- Córdova-Noboa, H.A., Oviedo-Rondón, E.O., Ortiz, A., Matta, Y., Hoyos, S., Buitrago, G.D., Martinez, J.D., Yanquen, J., Peñuela, L., Sorbara, J.O.B. and Cowieson, A.J. (2020). Corn drying temperature, particle size, and amylase supplementation influence growth performance, digestive tract development, and nutrient utilization of broilers. *Poultry Science*, 99(11): 5681–5696. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.07.010>
- Cui, Y., Wang, Q., Chang, R., Zhou, X. and Xu, C. (2019). Intestinal barrier function-non-alcoholic fatty liver disease interactions and possible role of gut microbiota. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(10): 2754–2762. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00080>
- Çelek, H. (2022). Etlik piliçlerde belirli oranlarda yapılan kısıntılı yemlemenin; besi performansı, karkas özellikleri ve abdominal yağlanma üzerine etkileri. Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni ABD, *Yüksek Lisans Tezi*, s. 1-12, Bursa/Türkiye.
- Dei, H.K. (2017). Assessment of maize (*Zea mays* L.) as feed resource for poultry. Poultry Science Book, Chapter-1, pp.1-32 *InTechOpen*, <http://10.5772/65363>
- Devi, A. and Diarra, S. (2021). Factors affecting the utilisation of cassava products for poultry feeding. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 52(3): 387-403. <http://10.21608/ejvs.2021.50090.1204>
- Dida, M.F. (2016). Review paper on enzyme supplementation in poultry ration. *International Journal of Bioorganic Chemistry*, 1(1):1-7. <https://doi.org/10.11648/j.ijbc.20160101.11>
- Ekber, A. (2023). Mısır üretimini artıran çiftçi cezalandırılmamalı. (Erişim tarihi 25.07.2024), <https://www.ekonomim.com/kose-yazisi/misir-uretimini-artiran-ciftci-cezalendirilmamali/705273>
- Elwinger, K. and Saterby, B. (1987). The use of beta-glucanase in practical broiler diets containing barley or oats. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 17: 133–140.

- Ergün, A., Tuncer, Ş.D., Çolpan, İ., Yalçın, S., Yıldız, G., Küçükersan, M.K., Küçükersan, S., Şehu, A. ve Saçaklı, P. (2017). Hayvan besleme ve beslenme hastalıkları kitabı. Elma Teknik Basım Matbaacılık, s.301-444, Ankara/Türkiye.
- Etuk, E.B., Ifeduba, A.V., Okata, U.E., Chiaka, I., Okoli, I.C., Okeudo, N.J. and Moreki, J.C. (2012). Nutrient composition and feeding value of sorghum for livestock and poultry: A review. *Journal of Animal Science Advances*, 2: 510–524.
- Fagundes, N.S., Pereira, R., Bortoluzzi, C., Rafael, J.M., Napy, G.S., Barbosa, J.G.M., Sciencia, M.C.M. and Menten, J.F.M. (2017). Replacing corn with sorghum in the diet alters intestinal microbiota without altering chicken performance. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(5): 371-382. <https://doi.org/10.1111/jpn.12614>
- FAO, (2020). Food and Agriculture. (Access date: 13/08/2024) <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- FAOSTAT (2020). Crops, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Giacobbo, F.C.N., Eyng, C., Nunes, R.V., de Souza, C., Teixeira, L.V., Pilla, R., Suchodolski, J.S. and Bortoluzzi, C. (2021). Different enzymatic associations in diets of broiler chickens formulated with corn dried at various temperatures. *Poultry Science*, 100(5):101013. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.01.035>
- Guo, Q.Q., Wei, LM., Liu, YH., Wu, W., Ouyang, K., Xue, CL., Sun, RP. and Liu, QW. (2024). Research progress on application of cassava in poultry diet. *Feed Research*, 47(8): 161–164. <https://doi.org/10.13557/j.cnki.issn1002-2813.2024.08.029>
- Gürbüz, İ.B., Gemeç, E. ve Kadağan, Ö. (2023). Tüketicilerin beyaz et tercihlerini etkileyen faktörler ve gıda harcamaları içerisinde beyaz etin payı: Bursa ili örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2): 343-363. <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1246637>
- Haribhau, G.A., Lakshmi, K.V., Alexander, G. and Gurram, S. (2020). Effect of supplementation of multiple enzymes to the diets containing variable protein sources on performance and nutrient utilization in commercial broilers. *Tropical Animal Health and Production*, 52: 1739–1744. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02185-6>

- Hidayat, C., Jayanegara, A., Adli, D.N., Sadarman, S., Sholikin, M.M., Wahyono, T., Herdiawan, I., Brahmantiyo, B., Isbandi, I. and Rusdiana, S. (2022). Replacement of maize by sorghum in broiler chicken diet: A metaanalysis study of its effects on production performance, mineral tibia content, intestinal villi and nutrient digestibility. *Agriculture and Natural Resources*, 56(3):657-664. <https://li01.tcithaijo.org/index.php/anres/article/view/255069>
- Işık, Y. (2024). Etlik piliç karma yemlerinde kullanılan ham gliserinin performans, incebağırsak histopatolojisi ve ayak taban lezyonları üzerine etkileri. Balıkesir Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, s. 1-201, Balıkesir/Türkiye.
- Işık, Y. ve Demir E. (2023). Etlik piliç karma yemlerinde ham gliserin kullanımı. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 37(3): 269-274.
- Jacob, J. (2022). Corn in poultry diets. United States Cooperative Extension System. (Access date: 13.05.2024). <https://poultry.extension.org/articles/feeds-and-feeding-of-poultry/feed-ingredients-for-poultry/cereals-in-poultry-diets/corn-in-poultry-diets/>
- Johnson, N.C., Ogbamgba, V.M. and Mbachiantim, J.T. (2022). A review on maize (*Zea mays* L.) nutritive value and exogenous enzymes needed for optimal digestibility in non-ruminants diets, such as poultry. *European Journal of Science, Innovation and Technology*, 2(1): 50-53. <https://ejsit-journal.com/index.php/ejsit/article/view/66>
- Khanipour, S.; Ghazaghi, M.; Abdollahi, M.R. and Mehri, M. (2024). Ileal digestible and metabolizable energy of corn, wheat, and barley in growing Japanese Quail. *Poultry*, 3: 190-199. <https://doi.org/10.3390/poultry3030015>
- Kılıç, H.N. ve Olgun, O. (2021). Mısır:arpaya dayalı rasyonlara enzim ilavesinin yumurtlayan bıldırcınlarda performans, yumurta kalitesi, serum ve kemik mineral içeriğine etkisi. *Ziraat Mühendisliği*, (371): 74-86. <https://doi.org/10.33724/zm.782575>
- Kim, M., Ingale, S.L., Hosseindoust, A., Choi, Y., Kim, K. and Chae, B. (2021). Synergistic effect of exogenous multi-enzyme and phytase on growth performance, nutrients digestibility, blood metabolites, intestinal microflora and morphology in broilers fed corn-wheat-soybean meal

- diets. *Animal Bioscience*, 34(8): 1365–1374. <https://doi.org/10.5713/ab.20.0663>
- Kirrella, A. A., Abdo, S. E., El-Naggar, K., Soliman, M. M., Aboelenin, S. M., Dawood, M.A.O. and Saleh, A.A. (2021). Use of corn silk meal in broiler diet: effect on growth performance, blood biochemistry, immunological responses, and growth-related gene expression. *Animals: an open access journal from MDPI*, 11(4): 1170. <https://doi.org/10.3390/ani11041170>
- Konieczka, P., Szkopek, D., Kinsner, M., Fotschki, B., Juśkiewicz, J. and Banach, J. (2020). Cannabis-derived cannabidiol and nanoselenium improve gut barrier function and affect bacterial enzyme activity in chickens subjected to *C. perfringens* challenge. *Veterinary Research*, 51(1): 141.
- Kutlu, H. R. ve Şahin, A. (2017). Kanatlı beslemede güncel çalışmalar ve gelecek için öneriler. *Hayvansal Üretim*, 58(2):66-79. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.333882>
- Liu, X., Ban, Z., Yan, X., Yang, H., Liang, H., Yan, L. and Nie, W. (2023). Nutrient utilisation, metabolisable and net energy values of corn for broiler chickens during the starter and grower phases. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 107(4): 1073–1082. <https://doi.org/10.1111/jpn.13785>
- Luo, C., Wang, L., Chen, Y. and Yuan, J. (2022). Supplemental enzyme and probiotics on the growth performance and nutrient digestibility of broilers fed with a newly harvested corn diet. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(18): 2381. <https://doi.org/10.3390/ani12182381>
- Masenya, T.I., Mlambo, V. and Mnisi, C.M. (2021). Complete replacement of maize grain with sorghum and pearl millet grains in Jumbo quail diets: Feed intake, physiological parameters, and meat quality traits. *Plos One*, 16(3): e0249371. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249371>
- Mathlouthi, N., Mallet, S., Saulnier, L., Quemener, B. and Larbier, M. (2003). Effect of xylanase and beta-glucanase addition on performance, nutrient digestibility, and physico-chemical condition in the small intestine contents and caecal microflora of broiler chickens fed a wheat and barley-based diet. *Journal of Animal Research*, 51: 395-406.
- Melo-Durán, D., Pérez, J.F., González-Ortiz, G., Villagómez-Estrada, S., Bedford, M.R., Graham, H. and Sola-Oriol, D. (2021). Growth

- performance and total tract digestibility in broiler chickens fed different corn hybrids. *Poultry Science*, 100 (8): 101218. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101218>
- Meriç, Ş., ve Koç, F. (2021). Mısırdan elde edilmiş kurutulmuş damıtma tane ve çözümlerinin (DDGS) bazı kalite ve risk kriterleri yönünden incelenmesi. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi*, 4(1):96-109. <https://doi.org/10.51970/jasp.933547>
- Min, Y.N., Yan, F., Liu, F.Z., Coto, C. and Waldroup, P.W. (2010). Glycerin- a new energy source in poultry. *International Journal of Poultry Science*, 9(1): 1-4.
- Mutlu, A. ve Taş, T. (2024). Biyoetanol üretim süreci ve buğday samınının biyoetanol üretiminde ki önemi. Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler Kitabı, Bölüm-5, Gece Kitaplığı, s. 81-103, Ankara/Türkiye.
- NRC (2012). Nutrient Requirements of Swine (11th ed.). Natl. Acad. Press, Washington, D.C.
- NRC, (1994). National Research Council. Quality Protein Maize. National Academy Press, 83 p, Washington/USA.
- OECD/FAO (2023). OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>.
- OECD-FAO (2024) Agricultural Outlook 2021-2030, (Access date: 01/08/2024). https://reliefweb.int/report/world/oecd-fao-agricultural-outlook-2021-2030?gclid=Cjw%20KCAjww7KmBhAyEiwA5-PUSiI4c_rnR1-XhNqsCDS_yHqnvoi2bWQ1adfGUbqR2KIUXvWSoRijBxoCcnIQAvD_BwE
- Ogbuewu, I.P. and Mbajiorgu, C.A. (2023). Utilisation of cassava as energy and protein feed resource in broiler chicken and laying hen diets. *Tropical Animal Health And Production*, 55(3): 161. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03579-3>
- Pack, M., Bedford, M., Harker, A. and Le Ny, P. (1998). Alleviation of corn variability with poultry feed enzymes: recent programmes in development and practical application. Finnfeeds International Ltd. Marlborough, UK.

- Panda, A. K., Prakash, B., Rama Rao, S. V., Raju, M.V.L.N. and Shyam Sunder, G. (2013). Utilisation of high quality protein maize in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 69(4):877–888. <https://10.1017/S0043933913000871>
- Pickard, J.M., Zeng, M.Y., Caruso, R. and Núñez, G. (2017). Gut microbiota: Role in pathogen colonization, immune responses, and inflammatory disease. *Immunological Reviews*, 279(1): 70–89. <https://doi.org/10.1111/imr.12567>
- Rajasekhar, K. V., Prakash, B., Vijaya Lakshmi, K., Rama Rao, S. V. and Raju, M.V.L.N. (2020). Effect of feeding diet with alternate protein sources and quality protein maize on performance and nutrient utilization in broiler chickens. *Tropical Animal Health And Production*, 52(5): 2297–2302. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02251-4>
- Revilla, P., Alves, M. L., Andelković, V., Balconi, C., Dinis, I., Mendes-Moreira, P., Redaelli, R., Ruiz de Galarreta, J. I., Vaz Patto, M. C., Žilić, S. and Malvar, R. A. (2022). Traditional foods from maize (*Zea mays* L.) in Europe. *Frontiers In Nutrition*, 8: 683399. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.683399>
- Rochell, S.J. (2018). Formulation of broiler chicken feeds using distillers dried grains with solubles. *Fermentation*, 4, 64. <https://doi.org/10.3390/fermentation4030064>
- Rumler, R., Bender, D., Speranza, S., Frauenlob, J., Gamper, L., Hoek, J., Jäger, H. and Schönlechner, R. (2021). Chemical and physical characterization of sorghum milling fractions and sorghum whole meal flours obtained via stone or roller milling. *Foods*, 10: 870. <http://doi.org/10.3390/foods10040870>
- Saadatmand, N., Toghyani, M. and Gheisari, A. (2019). Effects of dietary fiber and threonine on performance, intestinal morphology and immune responses in broiler chickens. *Animal Nutrition*, 5(3): 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.06.001>
- Saleh, A. and Alzawqari, M. (2021). Effects of replacing yellow corn with olive cake meal on growth performance, plasma lipid profile, and muscle fatty acid content in broilers. *Animals: an open access journal from MDPI*, 11(8): 2240. <https://doi.org/10.3390/ani11082240>

- Saleh, A.A., Abudabos, A.M., Ali, M.H. and Ebeid, T.A. (2019). The effects of replacing corn with low-tannin sorghum in broiler chicken's diet on growth performance, nutrient digestibilities, lipid peroxidation and gene expressions related to growth and antioxidative properties. *Journal of Applied Animal Research*, 47(1): 532–539. <http://doi.org/10.1080/09712119.2019.1680377>
- Sarı, M., Çerçi, İ.H., Bolat, D., Önoğlu, A.G., Deniz, S., Azman, M.A., Şahin, K., Güler, T., Seven, P.T., Karşlı, M.A., Şahin, N., Nursoy, H., Çiftçi, M. ve Bingöl, N.T. (2008). Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Kitabı, s.1-34, Medipres Matbaacılık, Malatya/Türkiye.
- Saritha, A., Ramanjaneyulu, A., Sainath, N. and Umarani, E. (2020). Nutritional importance and value addition in maize. *Biotech Research Today*, 2(9): 974-977.
- Schramm, V.G., Massuquetto, A., Bassi, L. S., Zavelinski, V.A.B., Sorbara, J. O.B., Cowieson, A.J., Félix, A.P. and Maiorka, A. (2021). Exogenous α -amylase improves the digestibility of corn and corn-soybean meal diets for broilers. *Poultry Science*, 100(4):101019. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101019>
- Selle, P.H., Hughes, R.J., Godwin, I.D., Khoddami, A., Chrystal, P.V. and Liu, S.Y. (2021). Addressing the shortfalls of sorghum as a feed grain for chicken-meat production. *World's Poultry Science Journal*, 77(1): 29-41. <https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1866966>
- Selle, P.H., Moss, A.F., Truong, H.H., Khoddami, A., Cadogan, D.J., Godwin, I.D. and Liu, S.Y. (2018). Outlook: Sorghum as a feed grain for Australian chicken-meat production. *Animal nutrition*, 4(1): 17–30. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.08.007>
- Slominski, B.A. (2011). Recent advances in research on enzymes for poultry. *Poultry Science*, 90:2013–2023.
- Stefanello, C., Vieira, S.L., Rios, H.V., Soster, P., Simoes, C.T., Godoy, G. and Fascina, V. (2023). Research Note: Corn energy and nutrient utilization by broilers as affected by geographic areas and carbohydrases. *Poultry Science*, 102(2): 102366. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102366>
- Stefanello, C., Vieira, S.L., Soster, P., Santos, B.M.D., Dalmoro, Y.K., Favero, A. and Cowieson, A.J. (2019). Utilization of corn-based diets

- supplemented with an exogenous α -amylase for broilers. *Poultry Science*, 98(11): 5862–5869. <https://doi.org/10.3382/ps/pez290>
- Suganya, A., Saravanan, A. and Manivannan, N. (2020). Role of zinc nutrition for increasing zinc availability, uptake, yield, and quality of maize (*Zea mays* L.) grains: An overview. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(15): 2001–2021. <https://doi.org/10.1080/00103624.20>
- Şahin, T. ve Sural, T. (2020). Biyodizel yan ürünlerinin hayvan beslemede kullanımı. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(2): 199-206. <https://doi.org/10.47495/okufbed.767249>
- Şenyüz, H., Karşlı, M.E. ve Başalan, M. (2015). Kurutulmuş damıtma-tane ve çözümlerinin (DDGS) hayvan beslemede kullanımı. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 55(2): 82-88.
- Tang, D., Du, B., Yan, R., Chen, Z. and Nian, F. (2023). Effect of dietary-aged maize on growth performance, nutrient utilization, and serum metabolites in broilers. *Animal Biotechnology*, 34(2):106–121. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1940190>
- Tavernari, F.D.C., Souza, A.R.S.V.D., Feddern, V., Lopes, L.D.S., Teixeira, C. J.D.S., Muller, J.A., Surek, D., Paiano, D., Petrolli, T.G., and Boiago, M.M. (2022). Metabolizable energy value of crude glycerin and effects on broiler performance and carcass yield. *Livestock Science*, 263: 105017. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105017>
- TMO (2021). 2020 yılı hububat sektör raporu. Toprak Mahsülleri Ofisi (TMO) Genel Müdürlüğü. Ankara/Türkiye
- Toklu, F., (2022). Mısır; ıslah teknikleri ve yetiştiriciliği, Melez mısır ıslahı. İKSAD, pp.1-711, Ankara/Türkiye
- Toprak, N.N. (2011). Arpa ağırlıklı bıldırcın rasyonlarına fitaz ve β -glukanaz enzimi ilavesinin performans, yumurta kalitesi, bazı kan parametreleri ile kemik kriterleri ve kuluçka randımanı üzerine etkileri. Doktora tezi, s. 1-157, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni ABD, Ankara/Türkiye
- Torres, K.A.A., Pizauro-Jr., J.M., Soares, C.P., Silva, T.G.A., Nogueira, W.C.L., Campos, D.M.B., Furlan, R.L. and Macari, M. (2013). Effects of corn replacement by sorghum in broiler chicken diets on

- performance and intestinal mucosa integrity. *Poultry Science*, 92 (6): 1564–1571. <http://doi.org/10.3382/ps.2012-02422>
- Tsiouris, V., Kontominas, M. G., Filioussis, G., Chalvatzis, S., Giannenas, I., Papadopoulou, G., Koutoulis, K., Fortomaris, P. and Georgopoulou, I. (2020). The effect of whey on performance, gut health and bone morphology parameters in broiler chicks. *Foods*, 9(5):588. <https://doi.org/10.3390/foods9050588>
- Tufan, M. ve Evren, Ş. (2021). Etlik piliçlerde erken dönem besleme uygulamaları. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2): 176-185. <https://doi.org/10.47495/okufbed.830346>
- Turhal, K. (2021). Türkiye'de yıllara göre mısır (*Zea mays* L.) ekim alanları ile verimin mısır üretimine olan etkileri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(2):418-425.
- TÜİK, (2023a). Bitkisel Üretim İstatistikleri, (Erişim tarihi: 25/05/2024),. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2023-49535>
- TÜİK (2023b). Bitkisel ürün denge tabloları, (Erişim tarihi: 15/04/2024), <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Urun-Denge-Tabloları-2023-53451>
- USDA (2021). Feedgrains sector at a glance. USDA. (Access date: 13/08/2024) <https://www.ers.usda.gov/topics/crops/corn-and-other-feedgrains/feedgrains-sector-at-a-glance/>
- Vargas, J.I., Gulizia, J.P., Bonilla, S.M., Sasia, S. and Pacheco, W.J. (2023a). Effect of corn origin on broiler performance, processing yield, and nutrient digestibility from 1 to 35 days of age. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(7): 1248. <https://doi.org/10.3390/ani13071248>
- Vargas, J. I., Gulizia, J. P., Bonilla, S. M., Sasia, S. and Pacheco, W. J. (2023b). Apparent metabolizable energy and amino acid digestibility of corn of different origin fed to male broilers from 12 to 18 days of age. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(19): 3111. <https://doi.org/10.3390/ani13193111>
- Ward, N.E. (2021). Debranching enzymes in corn/soybean meal-based poultry feeds: a review. *Poultry Science*, 100(2):765–775. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.074>

- Yan, F., Kersey, J. H., Stilborn, H. L., Crum, R. C., Rice, D. W., Raboy, V. and Waldroup, P.W. (1998). Effects of dietary phosphorus level, high available phosphorus corn and microbial phytase on performance and fecal phosphorus content. 2. Broilers grown to market weights in litter floor pens. *Poultry Science*, 77(Suppl.): 269.
- Yaranoğlu, B. ve Temel, Y., (2023). Balıkesir ili ve çevresinde yapılan etlik piliç yetiştiriciliğindeki mevcut durum, sorunlar ve çözüm önerileri. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 8(4):619–629. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8395643>.
- Yıldırım, H.E., Işıktaş, T. ve Yıldırım, A. (2020). Farklı disiplinlerdeki öğretmen adaylarının enerji kavramına yönelik algılarının belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (54): 20-48. <https://doi.org/10.21764/maeuefd.510999>
- Yıldız, D. (2021). Kanatlı endüstrisi ve trendleri. *Uluslararası Hayvan Yemi ve Katkıları Dergisi*. 2(1): 70-75.
- Yousif, S.I, Al-hamdani, W.A., Mousa, B.H. and Al- Hamdani, A.A.Y. (2021). Effect using wheattriticum aestivum and corn zea mays in broiler diets and sex on specific characteristics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 761(1): 012126. <http://10.1088/1755-1315/761/1/012126>
- Yu, J., Yang, H., Wang, Z., Dai, H., Xu, L. and Ling, C. (2018). Effects of arginine on the growth performance, hormones, digestive organ development and intestinal morphology in the early growth stage of layer chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 17(4):1077–1082. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1434692>



IKSAD
Publishing House



ISBN: 978-625-367-878-4