

TARIMDA

YÜKSELEN

TRENDLER

Editörler

Dr. Öğr. Üyesi Rıdvan UÇAR

Öğr. Gör. Muammer EKMEKÇİ



İKSAD
Publishing House

TARIMDA YÜKSELEN TRENDLER

EDİTÖRLER

Dr. Öğr. Üyesi Rıdvan UÇAR
Öğr. Gör. Muammer EKMEKÇİ

YAZARLAR

Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ
Doç. Dr. Ali Beyhan UÇAK
Doç. Dr. Betül BAHADIR
Doç. Dr. Erol ORAL
Doç. Dr. Sevil KARAASLAN
Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ALTUNER
Dr. Öğr. Üyesi Mesut SIRRI
Dr. Öğr. Üyesi Neslihan BAL
Dr. Öğr. Üyesi Rıdvan UÇAR
Öğr. Gör. Dr. Yüstra İNCİ
Öğr. Gör. Dr. Zekeriya KARA
Dr. Gözde NOGAY
Öğr. Gör. Muammer EKMEKÇİ
Zeynep OBUT



Copyright © 2023 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of

brief quotations embodied in critical reviews and certain other
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic
Development and Social
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

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

Iksad Publications – 2023©

ISBN: 978-625-367-142-6

Cover Design: Mehmet Fırat BARAN

June / 2023

Ankara / Türkiye

Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	1
BÖLÜM 1	
ÇİFTLİK HAYVANCILIĞI VE YEM SEKTÖRLERİNDE DEĞİŞİM BEKLENTİSİ VE BAZI YENİ EĞİLİMLER	
Dr. Öğr. Üyesi Rıdvan UÇAR	
Öğr. Gör. Muammer EKMEKÇİ.....	3
BÖLÜM 2	
TAHİL MİKROFİLİZLERİ	
Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ALTUNER	
Doç. Dr. Erol ORAL.....	21
BÖLÜM 3	
SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE HAYVANCILIK SEKTÖRÜ ETKİLEŞİMİ	
Doç. Dr. Betül BAHADIR.....	49
BÖLÜM 4	
YARI KURAK İKLİM KOŞULLARINDA FARKLI SU DÜZEYLERİNİN İKİNCİ ÜRÜN SUSAM (<i>Sesamum indicum</i> L.) BİTKİSİNİN SU -VERİM İLİŞKİLERİ ÜZERİNE ETKİSİ	
Zeynep OBUT	
Doç. Dr. Ali Beyhan UÇAK.....	83
BÖLÜM 5	
YABANCI OTLARIN BİYOLOJİK KONTROLÜNDE POTANSİYEL ÖNEME SAHİP CHRYSOMELİDAE TÜRLER	
Dr. Öğr. Üyesi Mesut SIRRI	
Dr. Öğr. Üyesi Neslihan BAL.....	99
BÖLÜM 6	
GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTUCULARIN ÇALIŞMA İLKELERİ VE SINIFLANDIRILMASI	
Doç. Dr. Sevil KARAASLAN.....	145

BÖLÜM 7

KÖPÜK KURUTMA

Doç. Dr. Sevil KARAASLAN.....159

BÖLÜM 8

TOPRAK KARAKTERİZASYONUNDA UZAKTAN

ALGILAMA KULLANIMI: TOPRAĞIN

ARAŞTIRILMASINDA YENİ YÖNTEMLER

Öğr. Gör. Dr. Zekeriya KARA

Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ

Öğr. Gör. Dr. Yüstra İNCİ.....173

BÖLÜM 9

ANTEPFISTIĞININ BİYOKİMYASAL BİLEŞİMİ VE İNSAN

SAĞLIĞI AÇISINDAN ÖNEMİ

Dr. Gözde NOGAY.....221

ÖNSÖZ

Tarım, gıda güvenliğinin sağlanması ve kalkınma hedeflerinin yakalanması için son derece önemlidir. Dünyanın çeşitli yerlerinde, tarımsal sistem konseptinden ülkesel gıda ve beslenme güvenliğini artırmaya dönük konsepte geçiş görülmektedir. Tarımsal araştırma çalışmalarının, hedeflerinin ve metodolojilerin çeşitliliği nedeniyle uygulama öncesi analitik ölçeklerin ve kullanılan referans verilerin disiplinler arası ve kapsamlı bir şekilde bu hedefe dönük sistemleştirilmesi gereklidir. Bu nedenle tarım ve kırsal alanların kalkınmasına öncelik verilerek üst düzey planlamasının yapılması, yoksulluğun azaltılması ve kırsal canlanma mekanizmalarının hayata geçirilmesi, tarım ürünlerinin kalitesinin ve sürdürülebilirliğinin artırılması, gıda güvenliği ve modern verimli tarımın birliğinin gerçekleştirilmesi ve iyi bir kırsal reformun seçilmesi ülkeler için büyük öneme sahiptir. Tarım ürünlerinin işlenmesinin geliştirilmesi, genetiği değiştirilmiş mahsuller, teknolojik ilerlemenin tarıma adaptasyonu, organik tarım ve gıda, sürdürülebilir tarım uygulamaları, böcek ilaçları ve gıda kalitesi, haşere yönetiminde en iyi uygulamalar, bitki yetiştirmede doğru doğal kaynak kullanımı, yenilikçi veri odaklı çiftçilik, dikey çiftlikler, biyolojik çeşitlilik, gıda kültürleri, böcek çiftçiliği, tarımsal tedarik zincirleri ve yerel gıda üretimi konularında araştırma ve yeni konseptlerin geliştirilmesi yönünde bir çok uluslararası araştırma ve geliştirme çalışması yürütülmektedir.

Dr. Öğr. Üyesi Rıdvan UÇAR
Öğr. Gör. Muammer EKMEKÇİ

BÖLÜM 1

ÇİFTLİK HAYVANCILIĞI VE YEM SEKTÖRLERİNDE DEĞİŞİM BEKLENTİSİ VE BAZI YENİ EĞİLİMLER

Dr. Öğr. Üyesi Rıdvan UÇAR¹

Öğr. Gör. Muammer EKMEKÇİ²

¹ Pamukkale Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Denizli

² Bingöl Üniversitesi, Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bingöl/Türkiye

1. Giriş

Küresel gıda üretim sistemi, dünya üzerindeki insan kaynaklı etkilerin ana itici gücüdür. Gıda üretim sistemlerinin etkileri, büyük ölçüde arazi, enerji, su ve gübre ile ilgili kaynak taleplerinden ve üretim sürecinin çeşitli aşamalarından kaynaklanan sera gazı emisyonları sebebiyle hayvancılık tarafından yönlendirilmektedir. Hayvansal ürünlere olan talepteki mevcut eğilimler dikkate alındığında, hayvancılık sektörünün çevresel etkilerini önemli ölçüde azaltacak stratejilere acilen ihtiyaç duyulmaktadır. Yoğun hayvansal üretim, biyolojik çeşitlilik kaybının da başlıca nedenlerinden biridir. Meraya dayalı hayvancılık bu olumsuz gidişatı tersine çevirme potansiyeline sahiptir. Meralarda yetiştirilen besi hayvanı ürünleri, daha temiz bir çevresel ayak izi, özen gösterilen bir yaban hayatı ve hayvan refahına sahip birinci sınıf bir uygulamadır.

Çiftlik hayvancılığı ve yem sektörlerinde değişim beklentisi ve yeni eğilimler her zaman olagelmıştır. Bu, hayvancılık ve ilişkili sektörlerin itici gücüdür. Yönelimlerin takibi, bu alandaki araştırma faaliyetlerinin ilgili alanları kapsamalarını sağlayarak, gecikmeleri önleyebilecektir.

Hayvancılık teknikleri yaklaşık 12.000 yıl önce, Mezopotamya, Asur ve Mısır'a kadar uzanan erken insan uygarlığının tarihi bir bölgesi olan 'Bereketli Hilal'in çeşitli bölgelerinde gelişmiştir. Hayvanlardan istikrarlı bir gıda tedarik yeteneği, dünya nüfusunun artmasına, yerleşim merkezlerinin gelişmesine ve şehirlerin ortaya çıkmasına imkan tanımıştır. Yabani bitkilerin ve çiftlik hayvanlarının evcilleştirilmesi, sulamanın ve sabanın kullanılmaya başlanması, Hz. İsa'nın doğumuna kadar 200 milyondan fazla olan dünya nüfusunu

beslemeye yetecek seviyede olduğu anlamına gelmektedir. İnsan nüfusu artıkça ve toplumlar giderek kentleştikçe, bitkisel ve hayvansal üretim, teknoloji ve inovasyonda oyun değiştirici ritmik ilerlemelerle daha organize, verimli ve üretken hale gelmiştir. Hayvansal üretim uygulamaları serbest otlatmadan kapalı barınaklara geçtiğinde ve hayvanlar daha iyi verim performansı hedefiyle yetiştirildiğinde, onlara "beslenme açısından dengeli" bir diyet sağlamak gerekli hale geldi. 18. yüzyılda başlayan tarımsal üretim uygulamalarındaki değişiklikler, 19. yüzyılın başlarında genel hayvan beslemeye daha iyi yaklaşımlarla sonuçlandı. Sonuç olarak, sürekli gelişen bir yem endüstrisi doğdu (Coffey ve ark., 2016).

Küresel ticarete hayvansal ürün ihracatı yapan ilk beş ülke, azalan sırayla Avrupa Birliği (AB), Amerika Birleşik Devletleri, Yeni Zelanda, Brezilya ve Avustralya'dır. En büyük iki ithalatçı ülke ise Çin ve Japonya'dır. Dünya ticaretine konu dört ana hayvansal ürün şunlardır: kümes hayvanları eti, domuz eti, sığır eti ve süt ürünleri. Hayvansal ürünler dünya tarımsal gıda ticaretinin %16'sını oluşturur; bu oran 2000-2018 dönemi boyunca oldukça sabit kalmıştır. AB, dünyanın önde gelen hayvansal ürün ihracatçısı (2018'de toplamın %21'i ile) ve dördüncü ithalatçısıdır (toplamın %6'sı ile) (Chatellier, 2021). Önümüzdeki birkaç on yılda dünya nüfusunun daha yüksek ve insanların daha zengin olması ve süt ve sığır eti gibi daha fazla hayvansal ürüne ihtiyaç duyulması beklenmektedir (Simeao ve ark., 2021). Hayvancılık; ekonomik ve sosyal refaha birçok katkı sağlar. Ayrıca çevresel koşullara direnç ve sürdürülebilirlik katar. Bununla

birlikte, mevcut önemli çevresel etkileri arasında ortama besin elementi yükleme, gıda-yem rekabetine girme, sera gazı salınımlarına sebep olma, su kullanımında ve arazi kullanımında farklılaşmalar getirme sayılabilir. Gelişmiş kaba yemler ve besleme stratejileri, canlı hayvan üretkenliğini, eko-verimliliği ve iklim değişikliğine uyumu aynı anda artırmak için en umut verici yollardan biridir (Notenbaert ve ark., 2018). Tüketicilerin et ve yumurta ürünlerine olan talebinin artması nedeniyle, organik ve serbest gezinen kümes hayvanları, ortalama tüketici için giderek daha fazla erişilebilir hale gelmiştir. Aslında, modern tarımın yoğunluğunun artmasıyla birlikte birçok tüketici, organik ve serbest gezinen ürünlerin kendileri için bir şekilde daha iyi olduğu görüşünü paylaşmakta veya en azından daha temiz, daha dengeli bir çevre için daha elverişli olan üretim uygulamalarını takip etmektedir (Tufarelli ve ark., 2018).

2. Yem bitkileri

Hayvancılık için yem bitkileri üretim alanları, küresel tarım arazilerinin yaklaşık %60'ını kaplar ve bunlar esasen geniş getiren hayvanların üretimi için gerekli olan otlatma arazileridir. Geniş getiren hayvanlar iklim değişikliğine katkıda bulunurken, iklim değişikliği de geniş getiren hayvan üretimini etkileyebilmektedir. Gelecekteki yem bitkisi çeşitlerini ıslah çabalarının odak noktası uzun vadeli iklimden ziyade ani ve şiddetli strese toleransı hedeflemelidir. Bugüne kadar geniş getiren hayvanlarda sağlanan üretim artışları, esas olarak verim ve sindirilebilirlik gibi özelliklere odaklanan yem bitkisi ve hayvan ırklarının sürekli iyileştirilmesi yoluyla elde edilmiştir. Yüksek

sıcaklık, kuraklık veya sel koşullarında büyüme, yem bitkilerinde sadece üretimi değil aynı zamanda bileşimi ve dolayısıyla geviş getiren hayvanlar için besin değerini de etkileyebilecek stres tepkilerine neden olabilir; örneğin, yem kalitesinin artan sıcaklıklarla birlikte düşmesi vs. Bu nedenle, besi hayvanlarının gelecekteki üretkenliğini güvence altına almak için yeni yem çeşitlerinin geliştirilmesi, ot üretimi ve kalite parametreleri üzerindeki çevresel etkiler dikkate alınmalıdır (Hart ve ark., 2022).

Tropik bölgeler, dünya nüfusunun yaklaşık üçte birine ev sahipliği yapan, dünya kara kütesinin %36'sını oluşturan ve küresel demografik artışın çoğunun gerçekleştiği yerlerdir. Mera alanlarının artan hayvansal üretimi desteklemede önemli bir rol oynadığı tropik bölgeler, artan küresel talebi karşılamak için büyük bir potansiyele sahiptir. Ekilen alanın artırılmaması ve bir veya birkaç yem türünün ekildiği daha geniş alanlardan uzak durulması gerektiğinden, artan sürdürülebilirliği desteklemek için daha iyi yemlere ihtiyaç vardır. Geleneksel tropikal yem ıslahı, son birkaç on yılda başarılı bir şekilde adaptasyonu yüksek verimli çeşitler ortaya çıkarmış olsa da, dünya çapında artan gıda talebi göz önüne alındığında, bu programlardan elde edilen genetik kazanımlar düşük olmuştur. Çiftlik hayvanı üretimi üzerindeki gelecekteki etkilerini garanti altına almak için ıslah programları, genetik kazanımları artırmak için genotipleme, fenotipleme ve çevresel-tipleme (envirotyping) stratejilerinden yararlanmalıdır. Daha fazla seçim doğruluğu, azaltılmış ıslah döngü süresi ve populasyonların bünyesindeki bulunan değerlendirilecek

bireylerin sayısının artması nedeniyle Genomik Seçim (GS-Genomic Selection) ve Genom çapında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS-Genom Wide Association Studies) bu süreçte birincil bir rol oynamaktadır. Bu strateji, uzun ıslah döngüleri ve karmaşık özelliklerin değerlendirilmesindeki zorluklar dahil olmak üzere geleneksel ıslah yöntemlerinin karşılaştığı darboğazlara çözümler sunar. Ancak Genomik seçimin tropikal otsu yem türleri ıslah programlarındaki pratik etkisi belirsizliğini korumaktadır. Düşük bir maliyetle birden fazla uygulama hedefi için farklı tropikal yem türlerinde tek nükleotid polimorfizm belirteçlerinden oluşan geniş paneller gereklidir (Simeao ve ark., 2021).

Başlıca tropik buğdaygillerde germplazm zenginleşirmesi ve bunların ortaya çıkan çevresel stres açısından karakterizasyonu, yakın geçmişte başlıca odaklanılan alan olmuştur. Tropikal buğdaygillerde ıslah çabaları hala seçili birkaç türle sınırlıdır (*Panicum spp*, *Cenchrus spp*, *Pennisetum spp* ve *Bracharia spp*). Tropikal otlardaki ıslah çabalarının hızı, birçok doğal özellik nedeniyle yavaşlamıştır, (örn: apomixis, zayıf tohum tutumu, yüksek foto ve termo hassasiyet) ve bunlar genellikle etkili bir ıslah programının tasarlanmasında ve uygulanmasında sorun oluşturmaktadırlar. Modern biyoteknoloji araçlarını kullanımı bu ürün gruplarında iyileştirme için yeni yollar sağlamaktadır (Sandhu ve ark., 2019).

Akdeniz tipi iklime sahip bölgelerde yem baklagilleri ve mera baklagilleri, hayvasal üretim sistemlerinin temel bileşenidir. Akdeniz havzası, hemen hemen tüm mera ve yemlik baklagillerin yalnızca orijin

merkezi değil, aynı zamanda genetik kaynaklarının mevcut ve gelecekteki kullanımlar için rezervidir. Akdeniz havzası ülkelerinde yeni bakliyat çeşitleri piyasaya çıkmıştır ki bunlar çevresel, ekonomik ve biyolojik kısıtlamaların mevcut olduğu koşullarda uzun ömürlü bitkilere artan ilgiyle birlikte, yeni bir "alternatif" mera baklagilleri çeşitliğine yol açmıştır. Pek çok mera ve yemlik baklagiller geleneksel kullanımlarının yanı sıra başka amaçlar için de değerlendirilmektedir. Baklagiller özellikle yangın söndürme hatlarında; silvipastoral sistemlerde; organik tarımda; gıda amaçlı mahsul yetiştirme sistemlerinde, bağlarda ve meyve bahçelerinde örtü bitkileri olarak; ve diğer tarımsal ve çevresel amaçlar için kullanılabilirler. Farmasötik ve tıbbi kullanımlar da hala araştırılmaktadır (Sulas, 2019). Süt hayvancılığı üretim sistemleri, tüm Avrupa'da otlaklarda yaygın olarak bulunan yüksek kaliteli yemlik baklagillere dayanır. Daha yüksek yıllık ortalama sıcaklıklara ve daha düşük yağışa sahip bir gelecek iklim senaryosunun genel olarak otlak verimliliğini ve özel olarak da en önemli yemlik baklagil türlerinden biri olan *Trifolium repens*'in verimliliğini etkilemesi beklenmektedir. Bu tür kısıtlamalarla başa çıkmanın bir yolu, şu anda yeterince kullanılmayan, kuraklık stresine karşı daha yüksek toleranslı minör baklagil türlerinin benimsenmesidir. *T. repens*'e alternatif olarak gelecek vaat eden farklı yemlik baklagil seçenekleri bulunmaktadır (Komainda ve ark., 2019).

Ekilebilir arazi ve su kaynaklarından elde edilen biyokütle, hayvan yemi yerine insan gıdası ve diğer temel ihtiyaçlar için önceliklendirilebilir, böylece yem-gıda rekabeti azaltılabilir. Bu

yaklaşımında, su ürünleri türleri de dahil olmak üzere çiftlik hayvanları, insanların doğrudan tüketimi için üretilen yenilebilir biyokütleyi tüketmemeli, bunun yerine insanlar için yenmeyen ekinlerden, çiftlik hayvanlarından ve balıkçılıktan elde edilen yan ürünleri yenilebilir biyokütleyle dönüştürmelidir. Bu yan ürünlere ek olarak, döngüsel gıda sistemlerindeki sucul hayvanlar, bitki bazlı gıda atıklarını ve ot kaynaklarını da gıdaya dönüştürebilir (van Riel ve ark., 2023).

3. Diğer yemler ve yem içerikleri

Önümüzdeki birkaç on yılda dünya nüfusuna ilişkin tahminler, mevcut geleneksel tarım yaklaşımları kullanıldığında, hayvansal kaynaklı proteinlere yönelik küresel talebin karşılanamayabileceğini göstermektedir. Bu karmaşık krize umut verici bir çözüm, tek hücreli proteinlerin (single cell protein) kullanımında yatmaktadır. Tek hücreli proteinler, tek hücreli mikroorganizmaların yenilebilir biyokütlesidir ve hayvan yemi veya insan gıdası olarak geliştirilebilir. Tek hücreli proteinlerin üretiminde ortaya çıkan araştırma konularının odağı, geliştirilmiş mantar suşlarının kullanımına, kullanılan substratların türüne dayalı tek hücreli proteinlerin bileşimine, özelliklerine, endüstriyel üretim süreçlerine ve tek hücreli proteinlerin üretimi için atık kullanımına ve bertarafına odaklanılmıştır. Bu sistemde atık bertarafı, eşzamanlı olarak değerli bir ürünün üretiminde kullanılmaktadır (Onyeaka ve ark., 2022).

Proteinler ve polipeptitler, insan vücudunun ihtiyaçlarında önemli bir rol oynar. Doğal proteinli maddelere bilimsel ve pratik ilgi, metabolik süreçlerdeki işlevlerinin çeşitliliği ile ilgilidir. Protein kökenli biyolojik

aktif maddeler, ekonominin farklı sektörlerinde zengin bir uygulama tarihçesine sahiptir. Bu ürünlerle, gıda endüstrisi, biyotıp ve yem üretimi arasında yakın bir ilişki gözlemlenmektedir, çünkü verimli tarım hayvanlarında yem proteininin verimli bir şekilde dönüştürülmesi, sonuç olarak nihai ürünlerin ana tüketicisi olan insanlarda gerekli metabolizma seviyesini sağlamaktadır. Esasen, normal büyüme, gelişme ve enfeksiyöz ajanlara karşı direnç için, hem insanların hem de çiftlik hayvanlarının belirli oranlarda ve emilebilir formda sürekli L-amino asit tüketimine ihtiyacı vardır (Grishin ve ark., 2017).

Şu anda sadece birkaç mikroalg ürünü büyük ölçekte üretilmekte ve yem ve gıda üretiminde veya sağlığı teşvik eden besin takviyeleri olarak kullanılmaktadır. En başarılı mikroalgal yem ve gıda ürünleri, iki pigment sınıfına aittir: karotenoidler ve fikobiliproteinler. Ayrıca, uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri bakımından zengin mikroalg yağları da (bebek mamasında) önemli bileşenler haline gelmiştir. Bununla birlikte, bu yağlar ağırlıklı olarak dinoflagellat *Cryptocodinium cohnii* veya deniz protistlerindedir. Karotenoidler ve fikobiliproteinler ya gün ışığı hasat pigmentleri olarak işlev görürler ya da fotokoruyucu ajanlar olarak kullanılırlar ve esas olarak fototrofik türler tarafından sentezlenirler. Karotenoidler ve fikobiliproteinler, yemlere ve gıdalara renk sağlayabilir, ancak en önemli rolleri genellikle sağlığı teşvik eden işlevsel bileşenlerdir. Tüm fikobiliproteinler, bazı karotenoidler ve ayrıca diğer biyolojik olarak aktif moleküller, yalnızca mikroalgler veya siyanobakteriler tarafından sentezlenir. Sadece 3

pigment (β -karoten, astaksantin ve fikosiyanın), şu anda tercih edilen ve üretimi büyük ölçekli yapılan mikroalg kültürleri kökenlidir. Dünyada bu üç pigment sadece yem veya gıda boyası olarak değil aynı zamanda besin takviyesi olarak da kullanılmaktadır. Özellikle sağlık üzerindeki etkileri son yıllarda giderek daha fazla ilgi görmeye başlamıştır (Eriksen, 2016).

Flavonoidler, karaların bitkilerce kolonizasyonu sırasında erken ortaya çıkan, büyük olasılıkla UV-B ve diğer abiyotik streslerden korunmak için gelişen bitkiye özgü ikincil metabolitlerdir. Bitkilerin karmaşıklığı arttıkça, üretilen flavonoid bileşiklerinin çeşitliliği ve bunların fizyolojik rolleri de zamanla artmıştır. En göze çarpanları pigmentler (sarı auronlar ve kalkonlar dahil olmak üzere) ve çiçeklere, meyvelere ve yapraklara renk sağlayan kırmızı/mor/mavi antosiyaninlerdir. Antosiyaninler, biyosentez veya regülasyonda yer alan genlerin mutantlarını tanımlamanın kolaylığından hareketle, genetiğın, gen regülasyonunun ve biyokimyanın temel yönlerini incelemek için önemli bir model sistem sağlayarak yoğun çalışılmıştır. Ek olarak, meyvelerden/sebzelerden ve yemden elde edilen diyet flavonoidleri, sırasıyla insan ve hayvan sağlığına fayda sağlar. Bu, hem geleneksel ıslah hem de bitki biyoteknolojisi yoluyla artan flavonoid içeriğine sahip yeni bitki çeşitlerinin üretilmesine büyük ilgi uyandırmaktadır. Gen düzenleme teknolojileri, flavonoidlerin nasıl düzenlendiğini ve üretildiğini incelemek ve çiçeklerin, meyvelerin, sebzelerin ve yemlerin flavonoid içeriğini iyileştirmek için yeni fırsatlar sunmaktadır (Albert ve ark., 2022).

Fitobiyotikler veya fitojenik yem katkı maddeleri olarak da bilinen materyaller, genellikle yem ve hayvan ürünleri dahil olmak üzere hayvan sağlığı ve üretimi üzerinde yararlı etkileri olan çeşitli bitki ikincil bileşikleri ve metabolitler olarak tanımlanır. Hayvansal üretimde bunların, duyuusal fitojenik katkı maddeleri, yem kalitesi ve güvenliğini iyileştirmeye yönelik teknolojik katkı maddeleri ve ayrıca hayvan sağlığını ve refahını destekleyen, immünomodülatörler, antioksidanlar, sindirim uyarıcıları ve hayvansal ürünlerin kalite performansını artırabilen maddeler gibi farklı uygulamaları vardır. Veteriner hekimlikte bitki bazlı ilaçların ilk kullanımı, sözlü ve yazılı olarak nesilden nesile aktarılan pratik deneyime ve gözleme bağlı geleneksel bilgilerdir. Antibiyotiklerin modern tarımda yoğun bir şekilde uygulanmasının bir sonucu olarak, hayvan ve kümes hayvanı ürünlerindeki kalıntıların insanlarda neden olduğu antibiyotik direncine ilişkin makul endişeler dile getirilmiştir. Hayvansal üretimde antimikrobiyal büyüme destekleyicilerin kullanımıyla bağlantılı olarak antibiyotiklere karşı artan mikrobiyal direnç, 2006 yılında AB'de ve diğer ülkelerde antimikrobiyal büyüme destekleyicilerin yasaklanmasına yol açtı. Antimikrobiyal büyüme destekleyicilerin hayvan yemlerinden çıkarılması, bitki türevli yem takviyeleri gibi alternatiflere yoğun ilgi çekmiştir. Büyüme teşvikinin yanı sıra, antimikrobiyal büyüme destekleyicilerin hayvancılık endüstrisinde profilaktik bir rolü de vardır. Antimikrobiyal büyüme destekleyicilerin geri çekilmesi, antibiyotiklerin terapötik amaçlarla, özellikle ishal, kilo kaybı ve *Escherichia coli*'ye karşı yoğun kullanımı ve artan ölümlerle sonuçlanmıştır (Stevanovic ve ark., 2018).

Yem hazırlama (balık unu ve yağı) için geleneksel hammaddelerin artan fiyatları, su ürünleri yetiştiriciliği işletmeleri için bir sorundur. Bitkisel kaynaklı ucuz bileşenlerle değiştirilmeleri, sorunu çözenin yoludur. Yağlı tohum küspesi, protein konsantreleri, gluten ve gıda endüstrisi atıkları gibi karasal tarımsal bitki ürünlerinin türevleri, su ürünleri yetiştiriciliğinde yem hazırlama için ana bitkisel hammadde türleridir. Şu anda bitkisel yağlar, balık diyetlerinde balık yağının yerini almak için en iyi varyantlardır. Balık unu ve yağının kısmen veya tamamen yeni bitkisel hammadde türleri ile değiştirilmesi mümkündür ve bu bileşenler diyete önerilen dozlarda dahil edildiğinde balık sağlığında ve büyüme hızında bozulmaya yol açmaz. Böyle bir değiştirme ekonomik olarak avantajlıdır. Ancak, sebze kaynaklarının kullanımında, su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanımını sınırlayan anti-besleyici faktörlerin varlığı gibi olumsuz etkiler vardır. Balık unu ve yağının tamamen bitkisel bileşenlerle değiştirildiği, uygun maliyetli balık yemi türevlerinin geliştirilmesi, yoğun su ürünleri yetiştiriciliğinin geliştirilmesi için bir araştırma önceliğidir (Pakhomov ve ark., 2022). Tür çeşitliğini koruma, bilim adamlarının dikkat çekmesi gereken ve tepkiler vermesine ihtiyaç duyulan bir sorundur çünkü küresel biyoçeşitlilik kayıpları hızla devam etmektedir. Tek bir türün yer değiştirmesinin ötesinde, toplulukları, etkileşimleri (örn. trofik etkiler), ağları (örn. tozlaşma ağları) ve ekosistemleri anlamak, halihazırda kaybedilmiş olan büyük miktardaki biyoçeşitliliği eski haline getirmek için gereklidir. Daha geniş bir ölçekte, küresel olarak karşılaşılan ekosistem düzeyindeki riskler, bir yerden diğer bir yere taşınacak türe yer seçiminden, tesis kuruluşuna kadar tüm sürece karmaşıklık katar.

İklim değişikliğinin etkisi muhtemelen yaklaşmakta olan en büyük zorluktur ve potansiyel habitat uygunluğu alanlarının tahmin edilmesi gereklidir. Biyoinformatik süreçlerde ileri yaklaşımlar ve hassasiyet, tahmine dayalı modelleme ve genomik yaklaşımların yanı sıra translokasyon taktiklerinin iyileştirilmesi dahil olmak üzere yeni teknolojiler, bu sorunların ele alınmasında translokasyon bilimindeki sonraki adımları kolaylaştıracaktır (Evans ve ark., 2023).

Kaynakça

- Albert, N. W., Lafferty, D. J., Moss, S. M., & Davies, K. M. (2022). Flavonoids—flowers, fruit, forage and the future. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 1-28.
- Chatellier, V. (2021). International trade in animal products and the place of the European Union: main trends over the last 20 years. *Animal*, 15, 100289.
- Coffey, D., Dawson, K., Ferket, P., & Connolly, A. (2016). Review of the feed industry from a historical perspective and implications for its future. *Journal of Applied Animal Nutrition*, 4, e3.
- Eriksen, N. T. (2016). Research trends in the dominating microalgal pigments, β -carotene, astaxanthin, and phycocyanin used in feed, in foods, and in health applications. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6(3), 507.
- Evans, M. J., Pierson, J. C., Neaves, L. E., Gordon, I. J., Ross, C. E., Brockett, B., ... & Manning, A. D. (2023). Trends in animal translocation research. *Ecography*, e06528.
- Grishin, D. V., Podobed, O. V., Gladilina, Y. A., Pokrovskaya, M. V., Aleksandrova, S. S., Pokrovsky, V. S., & Sokolov, N. N. (2017). Bioactive proteins and peptides: current state and new trends of practical application in the food industry and feed production. *Voprosy Pitaniia*, 86(3), 19-31.
- Hart, E. H., Christofides, S. R., Davies, T. E., Rees Stevens, P., Creevey, C. J., Müller, C. T., ... & Kingston-Smith, A. H. (2022). Forage grass growth under future climate change

- scenarios affects fermentation and ruminant efficiency. *Scientific Reports*, 12(1), 4454.
- Komainda, M., Küchenmeister, K., Küchenmeister, F., Breitsameter, L., Wrage-Mönnig, N., Kayser, M., & Isselstein, J. (2019). Forage legumes for future dry climates: lower relative biomass losses of minor forage legumes compared to *Trifolium repens* under conditions of periodic drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 205(5), 460-469.
- Notenbaert, A. M. O., Mutua, J. Y., Mwendia, S. W., Nicholas, K., Mukiri, J., & Siffray, P. (2018). Mapping the suitability of tropical forages-now and in the future.
- Onyeaka, H., Anumudu, C. K., Okpe, C., Okafor, A., Ihenetu, F., Miri, T., ... & Anyogu, A. (2022). Single Cell Protein for Foods and Feeds: A Review of Trends. *The Open Microbiology Journal*, 16(1).
- Pakhomov, V. I., Khlystunov, V. F., Braginets, S. V., & Bakhchevnikov, O. N. (2022). Current state and trends of the use of vegetable feedstock in aquaculture feeds.
- Sandhu, J. S., Kumar, D., Yadav, V. K., Singh, T., Sah, R. P., & Radhakrishna, A. (2019). Recent trends in breeding of tropical grass and forage species.
- Simeao, R. M., Resende, M. D., Alves, R. S., Pessoa-Filho, M., Azevedo, A. L. S., Jones, C. S., ... & Machado, J. C. (2021). Genomic selection in tropical forage grasses: current status and future applications. *Frontiers in Plant Science*, 12, 665195.
- Stevanovic, Z. D., Bošnjak-Neumüller, J., Pajić-Lijaković, I., Raj, J., &

- Vasiljević, M. (2018). Essential oils as feed additives—Future perspectives. *Molecules*, 23(7), 1717.
- Sulas, L. (2019). The future role of forage legumes in Mediterranean-climate areas. In *Grasslands: developments opportunities perspectives* (pp. 29-54). CRC Press.
- Tufarelli, V., Ragni, M., & Laudadio, V. (2018). Feeding forage in poultry: a promising alternative for the future of production systems. *Agriculture*, 8(6), 81.
- van Riel, A. J., Nederlof, M. A., Chary, K., Wiegertjes, G. F., & de Boer, I. J. (2023). Feed-food competition in global aquaculture: Current trends and prospects. *Reviews in Aquaculture*.

BÖLÜM 2

TAHIL MİKROFİLİZLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ALTUNER¹
Doç. Dr. Erol ORAL²

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Gevaş MYO Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü
fevzaltuner@yyu.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-2386-2450

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü
eroloral@yyu.edu.tr, Orcid No: 0000-0001-9413-1092

GİRİŞ

Gıda üretimi insanoğlunun öncelikli faaliyetlerinin başında gelmektedir. Bununla birlikte üretilen gıdaların sağlığa uygun olması da bu faaliyetin öncelikleri arasında yer almaktadır. Sağlıklı beslenme ihtiyacı insanları bu alanda yeni ürünlerin arayışına yönlendirmiştir. Yirmi yıldan daha uzun bir süreden bu yana sağlıklı beslenmeye özen gösteren belirli bir sosyete toplumunun fonksiyonel ve daha körpe ürünlerle beslenmeye olan ilgisi artmıştır (Ebert, 2012). Daha sağlıklı ve uzun süreli yaşamın sınırlarını arayan bu toplum, ihtiyaçlarını karşılama potansiyeli barındıran lezzetli yeni ürünlerin arayışını sürdürmektedir (Drewnowski ve Gomez-Carneros, 2000). Bu konu belli bir süreden beri içinde barındırdığı potansiyelleri nedeniyle üreticiler, araştırmacılar ve uzmanların da yoğun ilgisini çekmeye başlamıştır. Bu anlamda oluşan ihtiyacı karşılamak üzere ortaya çıkan mikrofiliz yetiştiriciliği yeni bir araştırma ve üretim alanının oluşmasını sağlamıştır. Bunun ilk ortaya çıktığı 1980’li yılların sonlarında, Amerika Birleşik Devletleri’nin Kaliforniya eyaletinin San Fransisko şehrinin en lüks restoranlarında mikrofilizler müşterilere bir spesiyal olarak sunuluyordu. Bunun ardından kısa sürede popülaritesi artmış ve Dünya’nın pek çok yerine hızlı bir şekilde yayılmış ve manavlarla, ultra lüks restoranlardaki menülerde yerini almıştır (Treadwell ve ark., 2010). Mikrofilizler, bitki, tane, sebze ve tohumdan elde edilen ve henüz olgunlaşmamış yeni öze bir ürün olup, genellikle sebze konfetileri olarak adlandırılmakta ve kültür bitkileri gibi yabancı bitki formlarından da elde edilebilmektedir (Xiao ve ark., 2012). Mikrofilizler, bazı bitkilerin çimlendikten sonra oluşan ilk gerçek

yapraklarının hasat edilmesiyle elde edilmektedir. Bu yönüyle eklendikleri veya sunuldukları gıdaların gösterişini ve lezzetini artırıcı özelliğe sahiptirler (Işık ve ark., 2022). Canlı renkleriyle albenisi yüksek olan mikrofilizler aynı zamanda biyoaktif bileşikler, mineral ve vitaminler yönünden zengin oldukları için fonksiyonel gıdalar olarak nitelendirilmektedir (Kou ve ark., 2014; Delian ve ark., 2015; Marchioni ve ark., 2021).

Yeni dönemde sağlıklı beslenme niyetiyle tercih edilen mikrofilizler (Le ve ark., 2020), özellikle vegan ve vejetaryen diyetleri için de farklı alternatifler sunmaktadır (Di Gioia ve ark., 2015). Mikrofiliz yetiştiriciliği, pestisit kullanılmayışı, daha az sulama gerektirmesi, kolay hasat ve nakli gibi olgun dönemde hasat edilen türlerine göre pek çok avantaja sahiptir (Weber, 2017). Bitki türlerine göre ekimden 7-21 gün sonra hasat edilebilen ve yetiştiriciliğinde pestisit kullanılmayan mikrofilizler bu yönüyle organik tarıma da elverişli görünmektedir. Bu durumlar mikrofiliz üretimi için önemli fırsatlara sahiptir (Marchioni ve ark., 2021).

Mikrofiliz çalışmalarının kayda değer bir geçmişe sahip olmasına rağmen araştırmaların belirli birkaç familya üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu anlamda özellikle tahıllar üzerinde daha az sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte Dünya’da tüm bitkiler içinde daha geniş bir coğrafyaya yayılan tahıllar, genel olarak biyoaktif bileşikler ve antioksidan maddeler yönünden zengin bir içeriğe sahiptirler. Özellikle buğday mikrofilizlerinin taneleriyle kıyaslandığında daha yüksek fenolik bileşikler, flavonoidler, C vitamini

(askorbik asit), antosiyanin ve antioksidan madde içerdikleri belirlenmiştir (Islam ve ark., 2020). Bu incelemede yapılan araştırmalara dayanarak tahıl mikrofilizlerinin bu durumlarının ortaya konulması amaçlanmıştır.

MİKROFİLİZLER

Bitki yeşillikleri tüketim talepleri dikkate alınarak büyümelerinin farklı dönemlerinde hasat edilebilmektedir. Tohumun ekiminden sonra çimlenen ilk bitki formu filiz olarak adlandırılmaktadır. Tohumun çimlenmesini müteakip hasat edilen filizlerde gerçek yaprak bulunmamakta ve tomurcuk halinde tüketilmektedir (Işık ve ark., 2022). Mikrofilizler ise bitkilerin çimlendikten sonra oluşan ilk gerçek yaprakları hasat edilerek elde edilmektedir (Xiao ve ark., 2012). Mikrofilizlerin menülerde yer alması 1980'li yıllara dayanmakta (USDA, 1980) ve ardından tüketimi yaygınlaşarak devam etmektedir (Treadwell ve ark., 2010). Çeşitli kaynaklarda mikrofiliz, mikrosebze ve bebek yeşillikler olarak adlandırılan mikroyeşillikler (Işık ve ark., 2022), tahıllar, sebzeler, tıbbi aromatik bitki ve benzeri bazı bitkilerin filizlerinden daha büyük bebek yeşil formundan ise daha küçük formdaki bitkilerdir (Xiao ve ark., 2012; Sun ve ark., 2013; Pinto ve ark., 2015). Çeşitli araştırmalar mikrofilizlerin, olgun formlarına göre daha yüksek miktarda mineral, biyoaktif bileşik ve vitamin içerdiklerini ve aynı zamanda daha yoğun tat ve aromaya sahip olduklarını göstermiştir (Janovská, 2010; Treadwell ve ark., 2010; Xiao ve ark., 2012). Son araştırmalar, mikrofilizlerin olgun örneklerine göre daha yüksek β - karoten, α -tokoferol, askorbik asit ve filokininler gibi bitkisel

besinlere, Mg, Ca, Mn, Fe, Se, Mo ve Zn gibi minerallere ve daha düşük nitrat konsantrasyonuna sahip olduklarını göstermiştir (Pinto ve ark., 2015; Xiao ve ark., 2012). İçerdikleri yüksek besin değeri ve vitaminlerin yanısıra, kardiyovasküler hastalıklar ve kansere karşı faydalı etkileri nedeniyle mikrofiliz tüketimi son yıllarda yaygınlaşmaktadır (Benincasa ve ark., 2015). Bitki gelişiminin erken dönemlerinde hasat edilmeleri nedeniyle bünyelerinde daha yoğun antioksidan, vitamin ve mineral madde bulundurmaktadırlar. Bu özellikleri nedeniyle süper gıda ve fonksiyonel gıda olarak ta adlandırılmaktadırlar. İçeriklerinde bulunan bu bileşiklerin oranının yetişkin formlarıyla kıyaslandığında on kat daha fazla olduğu ifade edilmektedir. Sadece içerikleri ile değil tat, koku ve aromaları nedeniyle de oldukça yoğun bir kıvama sahiptirler. Bu özellikleri sebebiyle vegan ve vejetaryenler gibi özel bir menü tercihine sahip kişiler tarafından yüksek oranda tercih edilmektedir (Ebert ve ark., 2014).

Tablo 1. Farklı ortam ve muamelelerin mikrofiliz örneklerinde ortaya çıkan etkileri*

Familya/Tür	Yetiştirme ortamı	Uygulama	Etki	Referans
Rapini (<i>Brassica rapa</i> L.)	Sera	Farklı yetiştirme koşulları (turba karışımı, Sure to Grow talaşı, tekstil fiber talaşı, jüt-kenaf talaşı)	Turba, tekstil fiber ve jüt-kenaf talaşı, Sure to Grow talaşına oranla daha yüksek taze ürün verimi sağlamıştır. Turbada yetiştirilen mikrofilizler en yüksek Enterobacteriaceae popülasyonu ve <i>E. coli</i> varlığına sahip olmuş, diğer ortamlarda yetiştirilen mikrofilizlerde ise bunların varlığına rastlanmamıştır.	Di Gioia ve ark. (2016)
Mizuna (<i>B. rapa</i> L. var. <i>nipposinica</i>)	Sera	Olgun Brassicaceae türü bitki örneği ile mikrofilizlerin in karşılaştırılması	Olgun örnekleriyle karşılaştırıldığında mikrofilizler daha kompleks bir polifenol profile daha yüksek sayıda polifenol türü ve içeriğine sahip olmuşlardır.	Sun ve ark. (2013)
Brokoli (<i>B. oleracea</i> L. var. <i>botrytis</i>)	Yetiştirme kabini	Distile su ile, 2 mmol/L çinko sülfat ($ZnSO_4$), potasyum sülfat (K_2SO_4), methionin (Met) ve kontrol bir kükürt (S) kaynağı olmadan	Kükürt kaynağı olarak çinko sülfat kullanımı, glukorafanın biyosenteziyle ilişkili olan myrozinaz aktivitesi ve gen etkisi ile brokoli mikrofilizlerinde sülforafan formasyonu stimüle edilmiştir.	Yang et al. (2015)

*Kyriacou ve ark. (2016)'dan uyarlanmıştır.

Mikrofilizler, bazı sebze türlerinin, otsu bitkilerin ve yabani bazı bitkilerin yumuşak ve körpe fidelerinden elde edilmektedir. Bitki türüne ve yetiştirme koşullarına göre değişmekle beraber ekimden sonra 7-21 gün içinde hasat edilebilmektedir. Mikrofilizler serada olduğu kadar açık alanda da yetiştirilebilmeleriyle de daha hassas yetiştirme ortamı isteyen filizlerden ayrılmaktadır (Di Gioia ve Santamaria, 2015). Yetiştiricilikte çoğunlukla Brassicaceae,, Cucurbitaceae, Asteraceae, Apiaceae, Lamiaceae, Amaranthaceae, Amarillydaceae ve Chenopodiaceae familyasına mensup bitkilerin mikrofilizleri tercih edilmektedir. Tür ve çeşitlere göre değişiklik gösterse de özellikle buruk bir tada sahip olan Brassicaceae familyasına ait çeşitler biyoaktif içerik yönünden daha zengindir ve hem beslenme hem de sağlık açısından bunların tüketimi daha fazla tercih edilmektedir (Xiao ve ark., 2015).

Diğer taraftan yetiştiricilikte kullanılan tohumun özellikleri, ekim sıklığı, ekim öncesi tohuma yapılan bazı uygulamalar, yetiştirme ortamı, gübreleme ve koruyucu bazı tedbirler elde edilen mikrofilizin kalite ve miktarında etkili olmaktadır (Kyriacou ve ark., 2016).

Mikrofiliz verim ve kalitesine kullanılan tohumluk, tohuma ekim öncesi yapılan bazı uygulamalar, yetiştirme ortamı ve koşulları ile yetiştirme esnasındaki muameleler etki etmektedir. Bu durum yapılan pek çok araştırmayla ortaya konulmuştur. Benzer araştırmalarda bitki, yetiştirme ortamı ve yapılan muamelelerin mikrofilizler üzerindeki etkilerine ilişkin örnekler Tablo 1’de gösterilmektedir. Buna göre Brassicaceae familyasına mensup ve sera ortamında yetiştirilen Rapini

(*Brassica rapa* L.), Mizuna (*B. rapa* L. var. *nipposinica*) ile yetiştirme kabininde üretilen Brokoli (*B. oleracea* L. var. *botrytis*) bitkilerinin mikrofiliz örneklerinde muamelelere göre farklı sonuçlar elde edilmiştir. Sera ortamında Rapini bitkisi turba karışımı, Sure to Grow talaşı, tekstil fiber talaşı ve jüt-kenaf talaşında yetiştirilmiş ve Sure to Grow talaşı dışındaki diğer yetiştirme ortamlarında üretilen örneklerden çok daha fazla mikrofiliz elde edilmiştir. Bununla birlikte Turba karışımında üretilen Rapini mikrofilizlerinde yüksek miktarda Enterobacteriaceae popülasyonu ve *E. coli* gelişimi tespit edilmiş, diğer ortamlarda yetiştirilen örneklerde ise bu bakteri gelişimine rastlanmamıştır (Di Gioia ve ark., 2016).

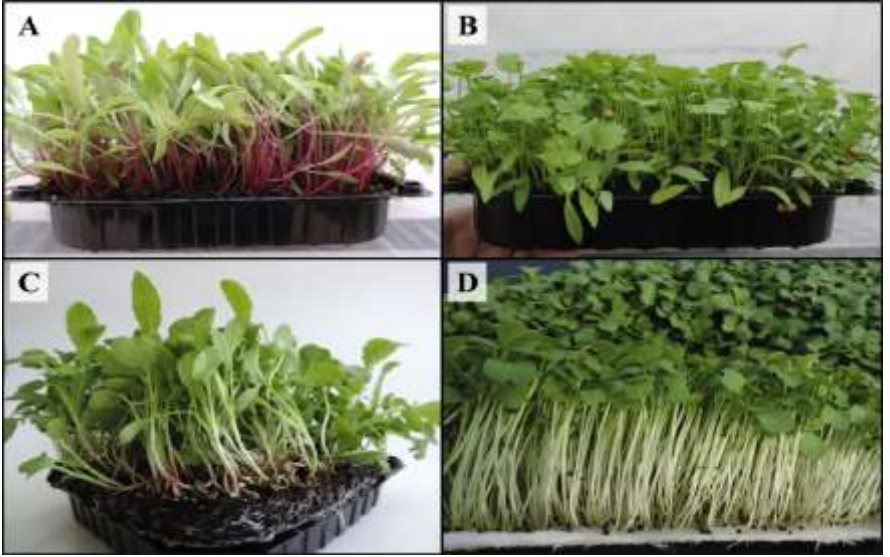
Diğer taraftan sera ortamında olgun ve mikrofiliz formundaki Mizuna (*B. rapa* L. var. *nipposinica*) örnekleri karşılaştırılmış ve sonuçta mikrofilizlerin daha yüksek sayıda polifenol türüne ve kompleks bir polifenol profilinin oluştuğu, olgun örneklerde ise bu oluşumun çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Sun ve ark., 2013).

Benzer şekilde yetiştirme kabininde çinko sülfat ($ZnSO_4$), potasyum sülfat (K_2SO_4), methionin ve kontrol uygulamalarına tabi tutulan Brokoli (*B. oleracea* L. var. *botrytis*) bitkisinden elde edilen mikrofilizlerde çinko sülfat uygulamasının daha fazla gen aktivitesi oluşturduğu gözlenmiştir (Yang ve ark., 2015).

Bunların dışında genel olarak yetiştirme ortamlarında oluşturulması gereken optimum koşullar bulunmaktadır. Örnek olarak yetiştirme ortamları 5.5-6.5 pH, düşük elektrik iletkenliğine ($<500 \mu S/cm$),

optimum su tutma kapasitesi (% 55-%70 v/v) ve havalanma koşullarına (%20-%30) sahip olmalıdır (Abad ve ark., 2001).

Mikrofilizlerin daha taze tüketilme talebi tüketici eliyle hasat şeklinde bir uygulamanın da ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ancak bu durumda transfer koşullarının uygun şekilde oluşturulması önem arz etmektedir. Aksi halde ürünün son tüketiciye ulaştırılmasında çeşitli problemler ortaya çıkmaktadır. Transfer koşulları, transfer araçlarından bu araçlarda oluşturulacak iklimlendirme koşullarına kadar pek çok konuyu kapsamaktadır. Ortamın, bağıl nemi, sıcaklığı ve pH gibi faktörlerin tür ve çeşide göre uygun dizayn edilmesi gerekmektedir (Di Gioia ve ark., 2015).



Şekil 1. Hasat aşamasına gelen mikrofiliz örnekleri* (A) Kırmızı pancar (*Beta vulgaris* L.) (B) Kişniş (*Coriandrum sativum* L.), (C) Turp (*Raphanus sativus* L.), (D) Rapini (*Brassica rapa* L., Broccoletto grup)

*Fotoğraflar Francesco Di Gioia'nın izniyle “*Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens* - *ScienceDirect*” adresinde yer alan araştırmadan alınmıştır.

Hasat aşamasına gelmiş *Chenopodiaceae* familyasından kırmızı pancar (*Beta vulgaris* L.), *Apiaceae* familyasından kişniş (*Coriandrum sativum* L.), *Brassicaceae* familyasından turp (*Raphanus sativus* L.) ve *Brassicaceae* familyasından rapini (*Brassica rapa* L.) mikrofilizlerine ait resimler Şekil 1’de yer almaktadır (Kyriacou ve ark., 2016). Mikrofilizlerin hasat süreleri genel olarak 7-21 gün arasında yer alsa da, bu süreler, tür, çeşit, tohumluğa ekim öncesi yapılan uygulamalar, yetiştirme ortamı, yetiştirme ortamının iklim ve sıcaklık koşulları, gübreleme ve koruyucu uygulamalar gibi birtakım tedbirler tarafından etkilenmektedir.

TAHİL MİKROFİLİZLERİ

Mikrofiliz yetiştiriciliğinde tohum şirketleri, ticari yetiştiricilik için uygun olan bazı türlerle ilgili çeşitli önerilerde bulunmaktadır. Bu türler çok kısıtlı olsa da çoğunlukla *Brassicaceae* ve daha düşük seviyede *Chenopodiaceae* familyalarını işaret etmektedir. Araştırmalar ve yetiştiricilik daha çok bu ekseninde yoğunlaşmıştır. Bunların arasında ticari yetiştiriciliği en çok yapılan türler hardal (*Brassica juncea*) ve teredir (*Beta vulgaris*) (Kyriacou ve ark., 2016).

Ticari yetiştiricilik, hasat sonrası işleme ve depolama kabiliyetleri gibi konularda üzerinde araştırma yapılan taksonlarla ilgili bilgiler Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Mikrofiliz üretim, hasat sonrası işleme ve depolama için araştırma yapılan familyalar*

Familya	Takson sayısı
<i>Amaranthaceae</i>	2
<i>Apiaceae</i>	2
<i>Asteraceae</i>	1
<i>Brassicaceae</i>	25
<i>Chenopodiaceae</i>	3
<i>Fabaceae</i>	3
<i>Lamiaceae</i>	1
<i>Poaceae</i>	1
<i>Polygonaceae</i>	3

* Kyriacou ve ark. (2016)'dan uyarlanmıştır.

Tablo 2 incelendiğinde üretim, hasat sonrası işleme, depolama ve araştırmaya en çok konu edilen familya grubunun *Brassicaceae* olduğu ve bu familyadan 25 takson üzerinde çalışma yürütüldüğü görülmektedir. Bunu takiben 3'er uygulama ve araştırma ile *Chenopodiaceae*, *Fabaceae* ve *Polygonaceae* familyasına mensup taksonlar gelmektedir. Bu durum tat, aroma, koku, gevreklik, besleme değeri, renk, albeni, içerik gibi tüketici tercihleriyle belirlenmektedir. *Brassicaceae* familyası acı, ekşi ve keskin tatları nedeniyle tercih edilmektedir ve glukozinolat bakımından zengin hardal gibi bitkilerde bu özellikler oldukça belirgindir. Aynı familyadan turp ve terenin de tercih nedenleri arasında yine bu özellikler gelmektedir. Daha tatlı ve renkli familyalar ise *Amaranthaceae* ve *Chenopodiaceae* olup, bu taksonlara pancar ve horoz ibiği gibi bitkiler örnek olarak verilebilir (Kyriacou ve ark., 2016).



Şekil 1. Hasat aşamasına gelmiş tahıl mikrofilizleri

Kaydadeğer bir geçmişe sahip olan mikrofiliz çalışmalarının belirli birkaç familya ve takson üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Tablo 2). Diğer taraftan tahıllar protein, karbonhidrat ve yağlar gibi makorbesinler yönünden oldukça zengindir. Buna ek olarak hayvan ve insan diyetleri açısından oldukça önemli olan bazı mikrobeseinler yönünden de zengin oldukları ortaya konulmuştur. Antioksidant aktiviteleri yönünden de geniş bir kimyasal sınıf oluşturdukları görülmüştür (Adom ve ark., 2002; Amarowicz ve ark., 2004). Tahıl taneleri fenolik asit fitosterinleri, saponinler, fitoestrogenler ve flavonoidler yönünden de kayda değer seviyede oldukları anlaşılmıştır (Senter ve ark., 1983; Djordjevic ve ark., 2011). Bu durum, tahıl tanelerinin içerikleri nedeniyle yaşlanmaya bağlı olarak ortaya çıkan kronik bazı hastalıklar ve kanser türlerine karşı olumlu etkiye sahip olmalarından kaynaklanmaktadır (Miller ve ark., 2000). Bununla birlikte tahıl mikrofilizlerinin de yüksek oranda antioksidan madde ve biyokatif bileşiklere sahip olduğunu gösteren araştırmalar da bulunmaktadır.

Antioksidan İçerikleri

Kara buğday, standart buğday, arpa ve çavdar gibi tahıllar ile mercimek, mungo fasulyesi, barbunya ve soya gibi baklagiller üzerinde yürütülen bir araştırmada (Djordjevic ve ark., 2011), DPPH δ (IC50) yöntemiyle elde edilen antioksidan aktiviteleri en düşük etki % 31'lik oranla buğday örneklerinden elde edilmiştir. Bu oran, örneklere uygulanan en yüksek inhibisyon (IC50 200 μ g/mL) konsantrasyonundan elde edilmiştir. Buğday örneklerini arpa (% 36.6) ve çavdar örnekleri takip etmiştir. Bu araştırmada en kuvvetli DPPH radikal süpürme aktivitesi IC50 76.7 μ g/mL inhibisyon konsantrasyonunda karabuğday ekstraktlarından (% 82.5) elde edilmiştir. Karabuğday DPPH radikal süpürme aktivitesi ve FRAP (Fe⁺³) redüksiyon yeteneği yöntemleriyle de en yüksek antioksidan seviyelerine sahip olmuştur. Fakat en düşük lipid peroksidasyon (BTA) yöntemindeyse karabuğday antioksidan seviyeleri incelenen örnekler içinde en düşük seviyeye sahip olmuştur. Aynı araştırmada buğday arpa ve çavdar örneklerinden elde edilen antioksidan seviyeleri tüm yöntemler bazında birbirine yakın seviyede gerçekleşmiştir. Antioksidan seviyeleri tespitinde kullanılan farklı yöntemler, kullanılan örneğin tipi, hesaplamalarda kullanılan birim ve formülasyonlar ve araştırmaların yürütüldüğü koşullar elde edilen sonuçları etkilemektedir. Bu farklılıklar genel olarak araştırmalar arasında kıyaslama yapmayı zorlaştırmaktadır (Djordjevic ve ark., 2011).

Diğer taraftan tahıl mikrofilizleri üzerinde yürütülen benzer bir araştırmada (Altuner ve ark., 2021), incelenen yerel buğdayların yine

FRAP (Fe^{+3}) redüksiyon yöntemiyle belirlenen antioksidan aktivitelerinin (5037.813 ± 383.292 mg TE/g) gruplar bazında diğer buğday, arpa ve yulaf çeşitlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Mikulajova ve ark. (2007) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada arpanın antioksidan içeriğinin yulaf ve buğdaydan 6 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde Niroula ve ark. (2019) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada 7 günlük mısır mikrofilizlerindeki antioksidan içeriğinin kayda değer ölçüde yüksek olduğu belirlenmiştir. Tahıllar üzerinde yürütülen diğer araştırmalarda da incelenen örneklerdeki antioksidan içeriklerinin kayda değer ölçüde yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Toplam Fenolik İçerikleri

4 baklagil ile 4 tahıl ekstraktı üzerinde yürütülen bir araştırmada (Djordjevic ve ark., 2011), incelenen bütün örneklerdeki toplam fenolik içeriklerinin kaydadeğer ölçüde önemli olduğu belirlenmiştir. İncelenen ekstraktlarda toplam fenolik içerikleri 13.2 ± 0.06 - 50.7 ± 0.04 mg GAE/g d.e. arasında değişmiş ve en yüksek toplam fenolik içeriği karabuğdayda (*Fagopyrum esculentum* L.) tespit edilmiştir. Tahıl mikrofilizleri üzerinde yürütülen benzer bir araştırmada (Altuner ve ark., 2021), gruplar bazında toplam fenolik içerikleri 465.11 ± 5.55 - 577.7 ± 63.66 mg GAE/100g arasında değişmiş ve en yüksek yerel buğdaylar ve yulaf gruplarında tespit edilmiştir. Mikuloja ve ark. (2007) tarafından 20 yulaf, 13 buğday, 6 arpa ve 2 karabuğday çeşitlerinden oluşan bir sette yürütülen bir araştırmada ise toplam fenolik içerikleri 0.459 ± 0.017 - 2.624 ± 0.012 g/kg arasında değişmiştir.

Bu arařtırmada toplam fenolik içerikleri en dūřuk kışlık Eksprompt buđday çeřidinde ve en yūysek karabuđday çeřitlerinde tespit edilmiřtir. Bu arařtırmada çıplak yulaf tanelerindeki toplam fenolik içeriklerinin kavuzlu tanelere oranla ortalama deđerlerden %14.7 daha dūřuk olduđu belirlenmiřtir. Genel olarak yūrütūlen benzer diđer çalıřmalarda da (Xing and White, 1997; Emmons ve Peterson, 1999; Holasova ve ark.,) incelenen örneklerdeki Toplam Fenolik İçeriklerinin önemli seviyede oldukları belirlenmiřtir.

Toplam Flavonoid İçerikleri

Fenoliklerin yapısı, çeşidi ve tipleri bitki türüne, bitki çeşidine ve yetiştikleri ekolojiye göre oldukça değerışkenlik göstermektedir. Bu nedenle flavonoidlerin oldukça geniş bir yelpazede farklı tipleri bulunmaktadır. Bununla birlikte insan sağlığı için belirgin faydaları bulunmaktadır (Ku ve ark., 2020). Özellikle kanser gibi dejeneratif hastalıklara karşı koruyucu etkileri dikkat çekmektedir (Youdim et al., 2004). Bunun yanı sıra bitkilerin de buldukları çevrenin olumsuz koşullarına ve hastalıklara karşı direnerinin artmasında da etkilidirler (Liu ve ark., 2013).

5 baklagil, 2 buđday, 2 arpa ve 3 yulaf çeřidinin mikrofiliz içeriklerini belirlemek üzere yūrütūlen bir arařtırmada (Altuner ve ark., 2021), toplam flavonoid içerikleri 113.137±5.904 mg QE/100 g DM (kuru madde) arasında deđerirmiřtir. Bu arařtırmada en yūysek içeriđe sahip Kırklar yulaf eřidinin Amazon börölce çeřidinden 5 kat daha fazla toplam flavonoid içeriđine sahip olduđu tespit edilmiřtir. Arařtırmada gruplar bazında benzer řekilde tahıl eřitleri ortalamasının baklagil

çeşitleri ortalamasının 2 katına yakın bir flavonoid içeriğine sahip oldukları gözlenmiştir. Farklı bitkilerin flavonoid içeriklerinin incelendiği çeşitli araştırmalarda, 10 salata bitkisinin 1.1 ± 0.2 - 6.5 ± 0.2 mg/100 g FW (Ghoora ve ark., 2020), nohut mikrofilizlerinin 1 mg QE/g (Kurian ve Megha, 2020) şeklinde tespit edilmiştir. Bu içeriklerin Altuner ve ark. (2021)'nin belirlediği değerlerden düşük oldukları ifade edilmiştir.

Benzer diğer araştırmalarda da (Islam ve ark., 2019; Islam ve ark., 2021) tahıl ekstraktlarındaki toplam flavonoid içeriklerinin kayda değer ölçüde yüksek olduğu belirlenmiştir.

Askorbik Asit (C-Vitamini) İçerikleri

Askorbik asitin veya yapısı itibarıyla C vitaminin insan sağlığı için oldukça faydalı yönleri bulunmaktadır. Bu yönüyle düzenli bir şekilde tüketilen C vitamini, insanlarda oluşan oksidatif stresin azalmasına ve arzu edilmeyen oksidatif enzimatik reaksiyonların kontrol edilmesine yardımcı olmaktadır (Kyriacou et al., 2019).

Genel olarak yapılan araştırmalar mikrofilizlerdeki askorbik asit seviyesinin düşük olduğunu ortaya koymuştur (Xiao et al., 2012). Buna sebep olarak genetik faktörler, çevre koşulları, bakım ve kontrol gibi işlemlerde ortaya çıkan değişkenler gösterilmektedir (Kyriacou et al., 2019). Bitkilerdeki askorbik asit seviyesinin ekimi müteakip kısa bir süre aralığında maksimum seviyeye çıktığı ve bunun ardından belirli bir süre sonra olağan seviyesine indiği açıklanmıştır (Xu et al., 2005).

Tahıl ve baklagil mikrofilizlerinin toplam askorbik asit seviyesini belirlemek üzere yürütülen bir araştırmada (Altuner ve ark., 2021), incelenen 12 bitkinin içeriklerinin 9.775 ± 1.056 - 26.986 ± 0.767 mg/100 g DM arasında değiştiği tespit edilmiştir. Araştırmada en yüksek toplam askorbik asit seviyesinin Kırklar yulaf çeşidinde, en dşk ise Bilensoy yoncada olduğu ifade edilmiştir. Bu araştırmada buna benzer şekilde tahıl gruplarının toplam askorbik asit miktarlarının baklagil grubunun 2 katına yakın seviyede gerçekleştiği açıklanmıştır. İncelenen tahıl mikrofilizlerinde tespit edilen bu değerlerin çeşitli araştırmalarda (Wojdylo ve ark., 2020) belirlenen baklagil mikrofilizlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Aynı şekilde tahıllar üzerinde yürütülen benzer araştırmalarda da (Islam ve ark., 2019; Islam ve ark., 2021) tahıl mikrofilizlerinin toplam askorbik asit içeriklerinin kayda değer seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

SONUÇ

Belirli bir tüketicisi grubunun talebiyle ortaya çıkan mikrofiliz yetiştiriciliği ve buna yönelik araştırmalar 40 yıllık bir geçmişe sahiptir. Özellikle sınırlı bir tüketicisi grubunun tercih ettiği mikrofilizlerin yer aldığı beslenme tipi, son dönemlerde yapılan araştırmalarla içeriklerinde olgun örneklere göre daha yoğun seviyede biyokimyasal bileşikler ve antioksidanların yer aldığı ortaya konulmuş ve bu durum daha geniş bir kitlenin dikkatlerinin bu alana yönelmesine neden olmuştur.

Mikrofiliz araştırmaları ağırlıklı olarak birkaç familya ve taksonlar üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu durumun, aroma tat ve diğer tüketicisi

tercihleri nedeniyle oluştuğu açıklanmıştır. Ancak diğer taraftan tahıl mikrofilizlerinin de antioksidanlar, biyoaktif bileşikler, vitaminler ve diğer faydalı maddeler yönünden oldukça zengin oldukları çeşitli araştırmalarla ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

- Abad, M., Noguera, P., Bures, S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource technology*, 77(2), 197-200.
- Adom, K. and Liu, R.H. 2002. Antioxidant Activity of Grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 6182–6187.
- Altuner, F. (2021). Determination of biochemical composition and pigment content in legume and cereal microgreens. *Legume Research-An International Journal*, 44(9), 1018-1025.
- Altuner, F., Tuncturk, R., Oral, E., & Tuncturk, M. (2021). Evaluation of pigment, antioxidant capacity and bioactive compounds in microgreens of wheat landraces and cereals. *Chilean journal of agricultural research*, 81(4), 643-654.
- Amarowicz, R., Troszynska, A., Barylko-Pikielna, N. and Shahidi, F. 2004. Polyphenolics extracts from legume seeds: correlations between total antioxidant activity, total phenolics content, tannins content and astringency. *Journal of Food Lipids*, 11: 278–286
- Delian, E., Chira, A., Bădulescu, L., Chira, L. (2015). Insights into microgreens physiology. *Scientific Papers Series B. Horticulture*, 59: 447-454.
- Di Gioia, F., De Bellis, P., Mininni, C., Santamaria, P., Serio, F. (2016). Physicochemical, agronomical and microbiological evaluation of alternative growing media for the production of rapini (*Brassica*

- rapa* L.) microgreens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7852>
- Di Gioia, F., De Bellis, P., Mininni, C., Santamaria, P., Serio, F. (2017). Physicochemical, agronomical and microbiological evaluation of alternative growing media for the production of rapini (*Brassica rapa* L.) microgreens, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(4): 1212-1219, DOI: 10.1002/jsfa.7852.
- Di Gioia, F., Mininni, C., Santamaria, P. (2015). How to grow microgreens. In F. Di Gioia, & P. Santamaria (Eds.), *Microgreens: Microgreens: Novel fresh and functional food to explore all the value of biodiversity* (pp. 51e79). Italy: ECOlogica srl Bari.
- Djordjevic, T. M., Šiler-Marinkovic, S. S., & Dimitrijevic-Brankovic, S. I. (2011). Antioxidant activity and total phenolic content in some cereals and legumes. *International Journal of Food Properties*, 14(1), 175-184.
- Drewnowski, A., Gomez-Carneros, C. (2000). Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: A review. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 1424e1435.
- Ebert, A.W. (2012). Sprouts, microgreens, and edible flowers: the potential for high value specialty produce in Asia. *SEAVEG 2012: High Value Vegetables in Southeast Asia: Production, Supply and Demand*, 216-227.
- Ebert, A.W., Wu, T.H., Yang, R.Y. (2014). Amaranth sprouts and microgreens—a homestead vegetable production option to enhance food and nutrition security in the rural-urban continuum.

- In Proceedings of the Regional Symposium on Sustaining Small-Scale Vegetable Production and Marketing Systems for Food and Nutrition Security (SEAVEG 2014), Bangkok, Thailand (pp. 25-27).
- Emmons, C. L. - Peterson, D. M.: Antioxidant activity and phenolic contents of oat groats and hulls. *Cereal Chemistry*, 76, 1999, pp. 902-906.
- Ghoora, M. D., Haldipur, A. C., & Srividya, N. (2020). Comparative evaluation of phytochemical content, antioxidant capacities and overall antioxidant potential of select culinary microgreens. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100046.
- Holasova, M. - Fiedlerova, V. - Smrcinova, H. - Orsak, M. - Lachman, J. - Vavreinová, S.: Buckwheat - the source of antioxidant activity in functional foods. *Food Research International*, 35, 2002, pp. 207-211.
- Islam, M. Z., Park, B. J., & Lee, Y. T. (2019). Effect of salinity stress on bioactive compounds and antioxidant activity of wheat microgreen extract under organic cultivation conditions. *International journal of biological macromolecules*, 140, 631-636.
- Islam, M. Z., Park, B. J., Kang, H. M., & Lee, Y. T. (2020). Influence of selenium biofortification on the bioactive compounds and antioxidant activity of wheat microgreen extract. *Food chemistry*, 309, 125763.
- Islam, M.Z., Park, B.J. and Lee, Y.T. (2021). Bioactive phytochemicals and antioxidant capacity of wheatgrass treated with salicylic acid

- under organic soil cultivation. *Chemistry and Biodiversity*. 18(2): e2000861.
- Işık, S. , Işık, H. , Aytemiş, Z. , Guner, S. , Aksoy, A. , Çetin, B. & Topalcengiz, Z. (2022). Mikroyeşillikler: besinsel içeriği, sağlık üzerine etkisi, üretimi ve gıda güvenliği . *Gıda* , 47 (4) , 630-649 . DOI: 10.15237/gida.GD22041
- Janovská, D., Stocková, L., Stehno, Z. (2010). Evaluation of buckwheat sprouts as microgreens. *Acta Agriculturae Slovenica*, 95(2): 157, DOI: 10.2478/v10014-010-0012-2.
- Kou, L., Yang, T., Luo, Y., Liu, X., Huang, L., Codling, E. (2014). Pre-harvest calcium application increases biomass and delays senescence of broccoli microgreens. *Postharvest Biology and Technology*, 87, 70-78, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.08.004.
- Ku, Y. S., Ng, M. S., Cheng, S. S., Lo, A. W. Y., Xiao, Z., Shin, T. S., ... & Lam, H. M. (2020). Understanding the composition, biosynthesis, accumulation and transport of flavonoids in crops for the promotion of crops as healthy sources of flavonoids for human Consumption. *Nutrients*, 12(6), 1717.
- Kurian, M. S., & Megha, P. R. (2020, September). Assessment of variation in nutrient concentration and antioxidant activity of raw seeds, sprouts and microgreens of *Vigna radiata* (L.) Wilczek and *Cicer arietinum* L. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2263, No. 1, p. 030005). AIP Publishing LLC.
- Kyriacou, M. C., El-Nakhel, C., Graziani, G., Pannico, A., Soteriou, G. A., Giordano, M., ... & Roupheal, Y. (2019). Functional quality in novel food sources: Genotypic variation in the nutritive and

- phytochemical composition of thirteen microgreens species. *Food chemistry*, 277, 107-118.
- Kyriacou, M. C., Roupael, Y., Di Gioia, F., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., ... & Santamaria, P. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends in food science & technology*, 57, 103-115.
- Le, T.N., Chiu, C.H., Hsieh, P.C. (2020). Bioactive compounds and bioactivities of *Brassica oleracea* L. var. *Italica* sprouts and microgreens: An updated overview from a nutraceutical perspective. *Plants*, 9, 946, DOI:10.3390/plants9080946.
- Liu, Z., Liu, Y., Pu, Z., Wang, J., Zheng, Y., Li, Y., & Wei, Y. (2013). Regulation, evolution, and functionality of flavonoids in cereal crops. *Biotechnology letters*, 35(11), 1765-1780.
- Marchioni, I., Martinelli, M., Ascrizzi, R., Gabbrielli, C., Flamini, G., Pistelli, L., Pistelli L. (2021). Small functional foods: comparative phytochemical and nutritional analyses of five microgreens of the Brassicaceae family. *Foods*, 10, 427, DOI: 10.3390/foods10020427.
- Marchioni, I., Martinelli, M., Ascrizzi, R., Gabbrielli, C., Flamini, G., Pistelli, L., Pistelli L. (2021). Small functional foods: comparative phytochemical and nutritional analyses of five microgreens of the Brassicaceae family. *Foods*, 10, 427, DOI: 10.3390/foods10020427.
- Mikulajova, A., Takacsova, M., Rapta, P., Brindzova, L., Zalibera, M., Nemeth, K. (2007). Total phenolic contents and antioxidant

- capacities of cereal and pseudocereal genotypes. *Journal of Food and Nutrition Research*, 46(4), 150-157.
- Niroula, A., Khatri, S., Khadka, D., & Timilsina, R. (2019b). Total phenolic contents and antioxidant activity profile of selected cereal sprouts and grasses. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 427-437.
- Pinto, E., Almeida, A.A., Aguiar, A.A., Ferreira, I. (2015). Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 38e43.
- Pinto, E., Almeida, A.A., Aguiar, A.A., Ferreira, I.M. (2015). Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37: 38-43, DOI:10.1016/J.JFCA.2014.06.018.
- Senter, S.D., Horvat, R.J. and Forbus, W.R. 1983. Comparative GLCMS analysis of phenolic acids of selected tree nuts. *Journal of Food Science*, 48: 798–803.
- Sun, J., Xiao, Z., Lin, L.-z., Lester, G.E., Wang, Q., Harnly, J.M., Chen, P. (2013). Profiling polyphenols in five Brassica species microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMSn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(46): 10960- 10970, DOI: 10.1021/jf401802n.
- Treadwell, D., Hochmuth, R., Landrum, L., & Laughlin, W. (2010). Microgreens: A new specialty crop (p. HS1164). University of Florida, IFAS Extension.

- Treadwell, D.D., Hochmuth, R., Landrum, L., Laughlin, W. (2010). Microgreens: A new specialty crop. University of Florida, IFAS Extension HS1164, 3.
- Weber, C.F. (2017). Broccoli microgreens: a mineral-rich crop that can diversify food systems. *Frontiers in Nutrition*, 4, 7, DOI: 10.3389/fnut.2017.00007.
- Wojdyło, A., Nowicka, P., Tkacz, K., & Turkiewicz, I. P. (2020). Sprouts vs. Microgreens as Novel Functional Foods: Variation of Nutritional and Phytochemical Profiles and Their In Vitro Bioactive Properties. *Molecules*, 25(20), 4648.
- Xiao, Z., Lester, G. E., Luo, Y., & Wang, Q. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, 60(31), 7644-7651.
- Xiao, Z., Lester, G.E., Luo, Y., Wang, Q. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, 60(31), 7644-7651.
- Xiao, Z., Lester, G.E., Luo, Y., Wang, Q. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(31): 7644-7651, DOI: 10.1021/jf300459b.
- Xiao, Z., Lester, G.E., Park, E., Saftner, R.A., Luo, Y., Wang, Q. (2015). Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 140e148.

- Xing, Y. - White, P. J.: Identification and function of antioxidants from oat groats and hulls. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74, 1997, pp. 303-307.
- Xu, M. J., Dong, J. F., & Zhu, M. Y. (2005). Effects of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(6), 943-947.
- Yang, R., Guo, L., Jin, X., Shen, C., Zhou, Y., Gu, Z. (2015). Enhancement of glucosinolate and sulforaphane formation of broccoli sprouts by zinc sulphate via its stress effect. *Journal of Functional Foods*, 13, 345-349.
- Youdim, K.A., Shukitt-Hale, B., Joseph, J.A. (2004). Flavonoids and the brain: Interactions at the blood-brain barrier and their physiological effects on the central nervous system. *Free Radical Biology and Medicine*, 37, 1683-1693.

BÖLÜM 3

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE HAYVANCILIK SEKTÖRÜ ETKİLEŞİMİ

Doç. Dr. Betül BAHADIR¹

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Isparta, Türkiye. betulgurer@isparta.edu.tr

GİRİŞ

Günümüzde sürdürülebilir kalkınma, dünya genelinde önemli bir hedef haline gelmiş ve küresel düzeyde sürdürülebilir bir dönüşümün temelini oluşturmaktadır. Doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılması, çevrenin korunması ve toplumların refahının artırılması, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin merkezinde yer almaktadır. Bu hedeflere ulaşmak için ise farklı sektörlerin, faaliyetlerin ve politikaların birbirleriyle etkileşim içinde olması gerekmektedir.

Bu bağlamda, hayvancılık sektörü de sürdürülebilir kalkınma açısından büyük bir öneme sahiptir. Hayvancılık sektörünün sürdürülebilir kalkınma açısından fırsatları olduğu gibi sektörün kendi yapısı içerisinde sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmayı zorlaştıracak bazı güçlükleri de barındırmaktadır. Bu bölümde, sürdürülebilir kalkınma ve hayvancılık sektörü arasındaki etkileşim, hayvancılık sektörünün Birleşmiş Miller Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine sağladığı faydalar ve sürdürülebilirlik açısından karşılaştığı zorluklara odaklanarak, alınması gereken önlemler üzerinde durulmuştur.

1. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE TARİHÇESİ

Sürdürülebilir kalkınma, insanların mevcut ihtiyaçlarını karşılamak için doğal kaynakları kullanırken gelecek kuşakların ihtiyaçlarını da göz önünde bulunduran bir kalkınma modelidir (BM,1987) Sürdürülebilir kalkınma kavramı birçok farklı şekilde yorumlanabilir, ancak özünde, toplum olarak karşı karşıya kaldığımız çevresel, sosyal ve ekonomik sınırlamaların farkındalığına karşı farklı ve genellikle rekabet eden

ihtiyaçları dengelemeye çalışan bir kalkınma yaklaşımıdır (SDC, 2011). Bu yaklaşıma göre, kaynakların sürdürülebilir kullanımını teşvik ederken doğal çevrenin korunmasını da amaçlar. Bu çerçevede, ekonomik faaliyetlerin çevresel etkileri azaltılmalı, doğal kaynaklar verimli bir şekilde kullanılmalı ve çevre dostu teknolojiler benimsenmelidir. Sosyal boyutta ise, herkesin adil bir şekilde temel ihtiyaçlarını karşılayabileceği, eşitlik ve sosyal adaletin sağlandığı bir toplumun oluşturulması önemlidir.

Sürdürülebilir kalkınma kavramı 20. yüzyılın sonlarına doğru dünya gündemine girmiş ve uluslararası antlaşmalarla küresel bir uygulama planına dönüşmüştür. Sürdürülebilir kalkınma kavramı, ilk büyük uluslararası kabulünü 1972'de Stockholm'de düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (Stockholm Konferansı)'nda aldı. Stockholm Konferansı, çevre sorunlarının uluslararası düzeyde ele alınması ve çevresel sürdürülebilirliğin önemi konusunda bir dönüm noktası olmuştur. 1987 yılında ise, Birleşmiş Milletler Dünya Komisyonu Çevre ve Kalkınma tarafından yayınlanan "Bizim Ortak Geleceğimiz- Brundtland Raporu" ile sürdürülebilir kalkınma kavramının temellerini atmıştır. 1992 yılında Rio de Janeiro'da düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (Rio Zirvesi), sürdürülebilir kalkınma kavramının uluslararası alanda daha da güçlenmesini sağlamıştır. Bu zirvede "Gündem 21" adı verilen bir eylem planı kabul edilmiştir. Gündem 21, çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için çeşitli politika önerileri ve eylem adımları sunuyordu. 2000 yılında Birleşmiş

Milletler tarafından, sürdürülebilir kalkınmanın bir parçası olarak sekiz Milenyum Kalkınma Hedefi'ni belirlemiştir. Bu hedefler, yoksullukla mücadele, eğitim, sağlık gibi alanlarda sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmektedir. 2015 yılında ise “Gündem 2030” olarak bilinen Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) kabul edildi. 17 hedef ve 169 alt hedef içeren bu plan, 2030 yılına kadar dünyanın karşı karşıya olduğu önemli sorunları ele alarak sürdürülebilir kalkınmayı sağlamayı amaçlamaktadır (Tablo 1, Grafik 1). Bugün, sürdürülebilir kalkınma kavramı küresel düzeyde kabul görmüş ve pek çok ülke, işletme ve toplum sürdürülebilirlik ilkelerine odaklanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma, çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla ele alınarak, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir kalkınma modelini hedeflemektedir (BM, 2015).

Şekil 1. Sürdürülebilir Kalkınmanın Küresel Amaçları (Kaynak: BM, 2015)



Tablo 1. BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH)

Hedefler	Açıklama
SKH 1	Yoksulluğun tüm biçimlerini sona erdirmek ve herkesin insanca yaşayabileceği bir dünya sağlamak
SKH 2	Açlığın sona erdirilmesi, gıda güvenliğine ve iyi beslenmeye ulaşmak ve sürdürülebilir tarımı desteklemek,
SKH 3	Sağlıklı yaşamın teşvik edilmesi, herkesin sağlık hizmetlerine erişiminin sağlanması ve sağlık sonuçlarının iyileştirilmesi
SKH 4	Herkesin eşit, kaliteli ve kapsayıcı eğitim alma fırsatlarına erişiminin sağlanması amaçlanmaktadır
SKH 5	Kadın ve kız çocuklarının haklarının güçlendirilmesi, eşitsizliklerin azaltılması ve cinsiyet temelli şiddetin sona erdirilmesi,
SKH 6	Herkes için temiz su kaynaklarına erişiminin sağlanması, hijyenik koşulların iyileştirilmesi ve su kirliliğinin azaltılması
SKH 7	Herkes için karşılanabilir, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimi sağlamak,
SKH 8	Sürdürülebilir ekonomik büyüme, iş fırsatları ve insana yakışır işlerin teşvik edilmesi, işsizlik oranlarının azaltılması, ekonomik eşitsizliklerin giderilmesi,
SKH 9	Sürdürülebilir sanayi ve altyapı projelerinin teşvik edilmesi, yenilikçilik ve teknolojik gelişmenin desteklenmesi,
SKH 10	Ülkeler arasındaki ve içindeki eşitsizliklerin azaltılması, dezavantajlı grupların desteklenmesi ve toplumsal kapsayıcılığın sağlanması,
SKH 11	Kentsel alanlarda sürdürülebilir kalkınmanın teşvik edilmesi, yaşanabilir şehirlerin oluşturulması ve toplumların katılımının sağlanması,
SKH 12	Sürdürülebilir üretim yöntemlerinin teşvik edilmesi, doğal kaynakların etkin kullanımı, atık yönetimi ve çevre dostu tüketim alışkanlıklarının yaygınlaştırılması,
SKH 13	İklim değişikliği ile mücadele, sera gazı emisyonlarının azaltılması, iklim etkilerine uyum sağlanması ve iklim finansmanının artırılması,
SKH 14	Deniz kaynaklarının sürdürülebilir şekilde yönetilmesi, denizlerin kirliliğinin azaltılması ve ekosistemlerin korunması,
SKH 15	Biyolojik çeşitlilik, ekosistemlerin ve doğal yaşam alanlarının korunması, ormansızlaşmanın önlenmesi, toprak erozyonunun azaltılması
SKH 16	Sürdürülebilir kalkınma için barışçıl ve kapsayıcı toplumlar tesis etmek, herkes için adalete erişimi sağlamak ve her düzeyde etkili, hesap verebilir ve kapsayıcı kurumlar oluşturmak,
SKH 17	Uygulama araçlarını güçlendirmek ve sürdürülebilir kalkınma için küresel ortaklığı canlandırmak.

Kaynak: BM, 2015.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE SÜRDÜRÜLEBİLİR HAYVANCILIK ETKİLEŞİMİ

Uzun yıllardır ülkeler, hayvancılık sektöründe, artan dünya nüfusuna karşılık doğal kaynakların kıtlığı göz önünde bulundurularak küresel ihtiyacı karşılayacak düzeyde üretimin sürdürülebilir bir şekilde nasıl sağlanacağı üzerine odaklanmışlardır. Hayvancılık sektörünün sürdürülebilir kalkınma açısından fırsatları olduğu gibi sektörün kendi yapısı içerisinde sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmayı zorlaştıracak bazı güçlükleri de barındırmaktadır. Fırsatlar açısından değerlendirildiğinde, hayvancılık sektörü temel olarak kırsal kesimde yaşayan haneler için de geçim kaynakları, istihdam, gıda güvencesi ve dengeli beslenmenin sağlanması açısından önemli bir rolü vardır. Diğer yandan, hayvancılık sektörünün büyük bir toprak, su ve besin kullanıcısı olması, iklim değişikliği üzerindeki etkisi, hayvan hastalıkları ve refahı gibi sektörün karmaşık birçok zorluk ile de mücadele etmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir hayvancılık sektörü için tüm fırsatlar ve tehditlerin ortak bir eylem yolu ile ele alınması için 2010 yılında Birleşmiş Milletler tarafından Sürdürülebilir Hayvancılık için Küresel Gündemi (Global Agenda for Sustainable Livestock-GASL) oluşturulmuştur (GASL, 2023). Sürdürülebilir Hayvancılık için Küresel Gündem" hayvancılık sektörünün sürdürülebilirlik performansını iyileştirmek ve hayvancılıkla ilgili çevresel, sosyal ve ekonomik sorunları ele almak için hayvancılık sektöründeki paydaşları bir araya getirerek ortak eylemler sunmayı amaçlamaktadır.

Bu açıdan değerlendirildiğinde Sürdürülebilir Hayvancılık için Küresel Gündem (SHKG) ile Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) benzer amaçlara sahip olsa da en temel farklılığı kapsamı ve odak alanları oluşturmaktadır. SHKG, hayvansal üretimin sürdürülebilir şekilde nasıl artırılacağına odaklanırken, SKH ise sektörün sürdürülebilir üretiminin sağlanmasından ziyade daha geniş bir bakış açısıyla hayvancılık sektörünün sürdürülebilir kalkınmaya katkısının nasıl artırılacağına odaklanmaktadır. Bununla birlikte SHKG, tüm SKH'leri ile ilgili olsa da SKH'lerinin yoksullukla mücadele (SKH-1), açlığın sonlandırılması (SKH-2), iyi sağlık ve iyi yaşam (SKH-3), cinsiyet eşitliği (SKH-5), insana yakışır iş ve ekonomik büyüme (SKH-8), sürdürülebilir üretim ve tüketim (SKH-12), iklim eylemi (SKH-13), ekosistemlerin korunması (SKH-15) ve küresel ortaklık (SKH-17) hedefleri ile doğrudan ilgilidir.

Dolayısıyla hayvancılık sektörü, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasındaki rolü önemlidir. Bugün dünyada gayri safi yurtiçi hasılanın %40 'ını hayvancılık sektöründen oluşturmakta olup, dünyada az gelirli ülkeler içerisinde en hızlı büyüyen sektörlerden birisini oluşturmaktadır (Dünya Bankası, 2020). Hayvancılık ürünleri insan beslenmesinde temel protein ve vazgeçilmez mikro besinleri de sağlayarak gıda güvencesinin sağlanmasında katkısı önemlidir.

Bu bağlamda hayvancılığın Birleşmiş Milletler sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmadaki rolü, kapsayıcı sürdürülebilir ekonomik büyüme, adil geçim kaynakları, beslenme ve sağlığın iyileştirilmesi ve

sürdürülebilir ekosistemler olmak üzere dört ana başlık altında incelenebilir.

Sürdürülebilir Ekonomik
Büyüme için Hayvancılık

Şekil 2. SKH'ne Ulaşmada Hayvancılık Sektörünün Rolü (Kaynak: Wright (2017)'den uyarlanmıştır.)

2.1. Sürdürülebilir Ekonomik Büyüme ve Hayvancılık

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefinin 8.maddesi insana yakışır iş ve ekonomik büyüme hedefi, sürdürülebilir ekonomik büyümeyi ve tam ve üretken istihdamı teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Dünyada hayvancılık ürünlerinin üretimi ve tüketimi, sektörün gelişmekte olan ülkelerde tarımda en hızlı büyüyen sektörlerden biri haline gelmesiyle (son yirmi yılda yılda %2,5) önemli ölçüde artmıştır (FAO, 2018). Nüfus artışı, artan gelirler ve hızlı kentleşme gibi faktörlerin bileşimi dünyada "hayvancılık devrimi"nin itici gücünü oluşturmuştur (Delgado ve diğerleri, 1999). Küresel düzeyde nüfusun artmaya devam etmesi, hayvansal ürünlere olan talep artışı ve yoksulluğun azalması ile tüketicilerin hayvan proteinlerine daha fazla erişimi sağlayacak şekilde hayvancılık sektörünün daha da genişlemesi beklenmektedir (OECD-FAO, 2017). Hayvancılık üretimi, dünya genelinde en az 1,3 milyar

insanı istihdam ederek ve gelişmekte olan ÷lkelerdeki 600 milyon yoksul küçük çiftçiye geçim kaynağı sağlayarak küresel ekonomiye önemli bir katkı sağlamaktadır (Thornton ve diğeri, 2006). Hayvancılığın toplam tarımsal üretim içindeki payı gelişmiş ÷lkelerde yaklaşık %40, gelişmekte olan ÷lkelerde ise %20'dir. Sanayileşmiş ÷lkelerde hayvancılık üretimi ve ticareti, tarımsal GSYİH'nın %53'ünü oluşturmaktadır (Dünya Bankası, 2020). Gelişmiş ekonomilerdeki hayvancılık üretimi, gelişmekte olan ekonomilere kıyasla toplam tarımsal üretimin önemli ölçüde daha büyük bir payına sahiptir.

Hayvancılık sektörünün ekonominin ve toplumun birçok farklı alanına ulaşma yeteneğı ile güçlü bir şekilde büyümesi, birçok ÷lke için ekonomik gelişme yolunda büyük bir fırsat sunmaktadır. Bu kapsamda, hayvancılık sektöründen kaynaklanan dikey ve yatay çarpan etkileri, ekonomik büyümeyi iki ana yoldan artırabilir: Birincisi, doğrudan kırsal alandaki hanelerin geçim kaynaklarına ve tarımsal üretime katkıda bulunarak; diğeri ise sektörün diğeri endüstrilerle olan çeşitli üretken bağlantıları aracılığıyla sağlanır.

Ülkelerin ekonomileri geliştikçe tarımın ulusal GSYİH içindeki payı azalma eğiliminde olsa da tarım modernleştikçe ve pazarlar daha da uzmanlaştıkça hayvancılığın tarımsal üretime katkısı artma eğilimindedir. Bu durum, bir bütün olarak tarım içindeki hayvancılık sektörünün büyüklüğü ile kişi başına düşen milli gelir arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir (FAO, 2018).

Hayvancılık sektörünün büyümesi, tarım sektörünün çok ötesine ulaşan karmaşık dikey ve yatay çarpan etkileri de üretebilir. Acosta ve

Barrantes (2018) tarafından yürütülen bir çalışma, tarım dışı sektörlerinin hayvansal üretimdeki değişikliklere daha esnek tepki verme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Buna göre, düşük orta gelirli ekonomilerde, hayvancılık üretimindeki %1'lik bir artış, tarım sektöründeki %0,64 büyüme eğilimi gösterirken, tarım dışı sektörü %0,76 oranında büyütme eğilimi göstermiştir. Aynı çalışmada, bu esnekliklerin ise ülkelerin ekonomik gelişmişlik düzeylerine bağlı olarak farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Buna göre, ülkelerin ekonomik düzeyi yükseldikçe, tarım sektörünün hayvancılık sektörünün yaygınlaşmasına tepkisi azalırken, tarım dışı sektörün tepkisi yükselmektedir. Hayvancılık üretimindeki %1'lik bir artışın, düşük gelirli ülkelerde tarım dışı sektörü %0,73 oranında genişletme eğiliminde iken yüksek gelirli ülkelerde tarım dışı sektörünü %1,02 oranında genişletme eğiliminde olduğu bulunmuştur. Öte yandan, yüksek gelirli ekonomilerde hayvancılık üretiminde %1'lik bir artış, düşük gelirli ülkelerde tarımsal üretimde %0,43 oranında bir artış tetiklerken bu oran düşük gelirli ülkelerde ise %0,71 olarak hesaplanmıştır (Acosta ve Barrantes, 2018).

Bu dinamikler, sektörün çeşitli üretim ve tüketim kanalları aracılığıyla diğer sektörlerle olan ileri ve geri bağlantılarının sayısı ile açıklanabilir. Yüksek gelirli ekonomilerde hayvancılık sektörü, fosil yakıtlar, farmasötik ürünler, kauçuk ve plastik, makine, altyapı, elektrik-gaz, ulaşım, finans ve sigorta hizmetleri dahil olmak üzere daha büyük miktarlarda yüksek katma değerli endüstriyel ürünlere ihtiyaç duyar (FAO, 2018). Ayrıca, tekstil ve tarım ilaçları, tarım-gıda endüstrisi için

ürünler ve ilaç gibi diğer sektörler girdi sağlamaktadır. Bu nedenle, diğer ekonomik alanlardaki endüstrilerle birbirine bağlı daha büyük ve daha karmaşık tedarik zincirlerinde, tedarik zincirinin her bir halkası, çeşitli çarpanlar yoluyla daha yüksek genel ekonomik büyümeyi teşvik ederek daha büyük bir katma değer bölümü oluşturur.

İşletmedeki birçok dikey çarpan etkisi göz önüne alındığında, büyüyen bir hayvancılık sektörü, nakliye, mezbahalar, hijyen ve yem üretimi de dahil olmak üzere tedarik zincirleri boyunca artan miktarlarda emek ve sermaye gerektirdiğinden, bir bütün olarak tarım sektöründeki istihdamı da dinamikleştirebilir. Daha büyük tedarik zincirlerinin ve diğer endüstrilerle üretken bağlantıların geliştirilmesi, ekonominin diğer sektörlerindeki işgücü piyasalarını canlandırmaya da yardımcı olabilir. Özellikle kentsel alanlarda, gelir ve nüfus artışı ile artan taleple, gelişmekte olan bölgelerde artan hayvancılık üretimi, yerel ekonomileri ve kırsal geçim kaynaklarını canlandırmak için büyük bir fırsat sunmaktadır.

Sürdürülebilir ekonomik büyümeye katkı sağlayan bir diğer kalkınma hedefi ise SKH-9 ile ilgilidir. Buna göre, SKH-9, sürdürülebilir sanayi ve altyapı projelerinin teşvik edilmesi, yenilikçilik ve teknolojik gelişmenin desteklenmeyi hedeflemektedir. Sanayileşme, işgücünü ve diğer kaynakları emek yoğun ve daha az üretken faaliyetlerden daha sermaye ve teknoloji yoğun faaliyetlere kaydıracağı için hızlı ekonomik ve sosyal kalkınmayı destekleyen dinamik bir büyüme aracıdır (Upadhyaya, 2013). Gelişmekte olan ülkelere küresel değer zincirleri

sürecinin son aşamalarına girmeleri ve böylece ekonomik büyümeyi hızlandırmaları için büyük fırsatlar sunmaktadır (UNIDO, 2016).

Hayvancılık sektörü ile sanayileşme arasındaki bağlantılar çift yönlü çalışmaktadır. Hızla büyüyen sektör, sanayileşme ve ülke ekonomisinde artan payı ile önem kazanmaktadır. Hayvansal ürünler işleme endüstrisi, önümüzdeki on yıllar için yıllık yüzde 3'lük bir tahminle, gelişmekte olan ekonomilerde en hızlı büyüyen endüstrilerden biri olacağı tahmin edilmektedir (FAO, 2017). Öte yandan, endüstriyel kapasitenin, altyapının, araştırma ve inovasyonun ve finansmana erişimin gelişimi, hayvancılık sektörüne üretim kaynaklarının daha etkin kullanımı ve değer katarak kapsayıcı bir ekonomik büyüme elde etmek için mükemmel bir fırsat da sunabilmektedir.

Ayrıca, ekonomik gelişme sadece aynı mal grubunun üretimini sürekli iyileştirmekle ilgili değil, üretimi daha sofistike ürünlere ve daha yüksek üretkenlik seviyelerine doğru çeşitlendirmeye yardımcı olan daha karmaşık mallar elde etmekle daha fazla ilgisi vardır (Felipe ve diğerleri, 2012). Hausmann ve diğerleri (2011), daha zengin ekonomilerin daha karmaşık olma eğiliminde olduğunu ve daha çeşitli bilgi depolarına sahip olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle, hayvansal gıdaların bitkisel ürünlere göre daha yüksek düzeyde karmaşıklık sergilediği gerçeği göz önüne alındığında, hayvancılık sektörünün ekonomiye değer katabilme de iyi bir fırsata sahip olduğu söylenebilir. Dolayısıyla hayvansal üretim faaliyetinin ihracatın değerini artırma,

ekonomik büyümeyi teşvik etme ve geçim kaynaklarını iyileştirme konusunda daha büyük potansiyele sahiptir.

2.2. Adil Geçim Kaynakları ve Hayvancılık

Dünya nüfusunun yaklaşık %8'i (648 milyon kişi) günde 2.15 US dolar altında gelire sahiptir (Dünya Bankası, 2022). Bu nüfusun büyük bir bölümü ise Güneydoğu Asya ve Sahra altı Afrika ülkelerinde yaşamaktadır. Bu açıdan hayvancılık sektörü, birçok ülkede kırsal alanlarda yaşayan haneler için hem önemli bir gelir ve istihdam kaynağı olması hem de sağlıklı bir yaşam sürdürebilmeleri için açlık ve yoksulluğun azaltılmasında önemli bir işleve sahiptir.

SKH-1, yoksulluğu sona erdirmek için çok boyutlu bir yaklaşımı benimsemektedir. Çiftlik hayvanları, kırsaldaki hanelerin geçim hedeflerine ulaşmak için kullandıkları varlıkları güçlendirmede ve ailelerin şoklarla başa çıkma direncini artırmada hızlandırıcı bir rol oynayabilir. Ancak, sektörün hızlı sektörel büyümeyi yoksulluğu azaltmaya dönüştürme kapasitesi ülkelere, üretim sistemlerine ve makroekonomik ve mikroekonomik faktörlerin bileşimine bağlı olarak değişebilecektir. Bu faktörler, makro düzeyde, ekonomi içerisindeki hayvancılık sektörünün büyüklüğü, büyüme hızı ve yoksulların bu büyümeye katılımıdır. Mikro düzeyde ise, üreticilerin gelir elde etmek için hayvancılıkla ilgili varlıklarını kullanma kapasiteleri, istihdam fırsatlarını değerlendirebilme becerileri ve tüketicilerin daha rekabetçi fiyatlardan yararlanma olasılığı sayılabilir.

Bireylerin toplumdaki ekonomik eşitsizlikleri, gelir, satın alma gücü veya zenginlik açısından ölçülen ekonomik konumlarıyla tanımlandığı gibi ayrıca eğitim, cinsiyet, yaş veya etnik köken gibi demografik özelliklerle de bağlantılıdır. Bu kapsamda, adil geçim kaynaklarının oluşturulması ve sürdürülmesinde her düzeyde kapsayıcı ve eşit eğitimin sağlanmasının (SKH-4) önemli bir rolü vardır. Eğitim, çiftçilerin bilgi ve becerilerini artırarak, modern tarım tekniklerini, sürdürülebilir tarım uygulamalarını ve yenilikçi tarım yöntemlerini öğrenerek, daha verimli ve karlı tarım işletmeleri yönetebilmelerini sağlar. Bunun sonucunda, tarım sektöründe daha fazla girişimcilik potansiyeli, katma değer ve adil geçim kaynakları oluşturulabilir. Ürünlerin işlenmesi, paketlenmesi, pazarlanması ve dağıtımını gibi değer zinciri aşamalarında daha fazla bilgi ve beceriye sahip olmayı sağlar. Bu da tarımsal ürünlerin daha yüksek fiyatlarla satılmasını ve çiftçilerin daha yüksek gelir elde etmesini sağlar. Eğitim, girişimcilik ruhunu ve yenilikçi düşüncüyü de teşvik eder. Eğitimli çiftçiler, yeni pazar fırsatlarını keşfedebilir, alternatif ürünler geliştirebilir ve tarım sektöründe işletme kurabilirler. Bu da tarımda çeşitlilik ve iş fırsatlarının artmasını sağlar. Bu nedenle hayvancılık ve eğitim arasındaki bağlantılar, sürdürülebilir hayvancılık gelişimi ve yoksulluğun azaltılması için de kilit öneme sahiptir. Kapsayıcı ve katılımcı hayvancılık araştırma ve yayım programları, ilgili bilgi ve birikim yoluyla bu süreci desteklemede önemli bir role sahiptir. Bununla birlikte, gelişmekte olan ülkelerin küçük ölçekli hayvancılık işletmelerinin olduğu kırsal kesimlerinde, çocukların (özellikle kız çocukların) kaliteli eğitime erişimleri ve beceri kazanma fırsatları,

kentsel alanlarda yaşayan çocuklara göre daha düşüktür (FAO, 2018). Aynı zamanda kırsal kadınlar arasında, okuryazarlık da düşüktür (UNESCO, 2016). Dünya çapında, sorun ağırlıklı olarak kırsal yoksulluktur. Bugün, yayım veya kırsal danışmanlık hizmetleri artık yalnızca kamu sektörü tarafından sağlanmamaktadır, aynı zamanda özel sektör firmaları (tarımsal girdi ve tarımsal işleme şirketleri ve kooperatifler dahil) ve üretici örgütler dahil olmak üzere sivil toplum kuruluşları tarafından sunulmaktadır (FAO ve KIT, 2016). Ancak, yoksul çiftçiler ve marjinal hayvancılık üreticileri, özellikle kadınlar, genellikle yayım ve diğer hizmetlerden yeterli düzeyde faydalanmamaktadır (IFAD, 2011).

Adil geçim kaynaklarına sahip olmanın bir diğer boyutu ise cinsiyet eşitliğine dayanmaktadır. Bu nedenle, kadınlar ve kız çocuklarını tam potansiyellerine ulaşımları için güçlendirme hedefi önemlidir (SKH-5). Gelişmekte olan dünyanın her yerinde, kırsal kesimlerdeki kadınlar ve kız çocukları hayvansal üretimde işgücüne katılımında önemli bir rolü bulunmaktadır. Bununla birlikte, kadın çiftlik hayvanı yetiştiricileri genellikle ekonomik, sosyal ve kurumsal engeller de dahil olmak üzere daha büyük zorluklarla karşı karşıyadır. Hayvancılık sektörü ekonomik ve sosyal çok sayıda işlevi yerine getirmekle birlikte, çeşitli araştırmalar, hayvancılık sektörünün düşük performans gösterdiğini göstermektedir. Sebepler arasında iklim değişikliği, kırdan kente göç, yatırımların düşüklüğü ve cinsiyet eşitsizlikleri sayılabilir (ILRI, 2007). Kadınlar, erkeklerle karşılaştırıldığında, toprak ve su, kredi, piyasalar, varlıklar ve teknik bilgiler gibi doğal ve diğer kaynaklara daha az

erişime ve bunlar üzerinde kontrole sahiptir (FAO, 2018). Sonuç olarak, kadın hayvan yetiştiricileri tipik olarak daha büyük ekonomik ve kurumsal engellerin üstesinden gelme ihtiyacı duyarlar ve genellikle çiftçilik faaliyetlerine tam olarak katılmak, bunları sürdürmek ve geliştirmek için gerekli araçlardan yoksundurlar. Cinsiyet eşitliği ve kadınların güçlendirilmesine odaklanarak hayvancılık üretimi/yönetim, işleme ve pazarlamanın artırılması ve güncellenmesi, SKH-5 tarafından belirlenen çeşitli hedeflere ve göstergelere ulaşılmasına yardımcı olmada önemli bir rol oynayabilir. Gelişmekte olan dünyada yaklaşık 290 milyon kadın gelir elde etmek için hayvancılıkla uğraşmaktadır (FAO, 2011a; FAO, 2013). Kadınlar peynir, yoğurt gibi katma değeri yüksek olan, daha uzun süre saklanabilen hayvansal ürünleri üretip işleyerek gelirlerini bir nebze artırabilir ve başka bir ek gelir kaynağı ile besleyici gıda sağlayabilirler.

Kırsal kesimdeki pek çok kadın geçimini hayvancılıktan ve ilgili faaliyetlerden sağlasa da geleneksel toplumsal cinsiyet rolleri onların hem sektöre tam olarak katılma ve sektörden kar elde etme hem de geçimlik üretimden ticari hayvancılık üretimine ve kayıt dışı üretimden kayıtlı üretime geçme fırsatlarını büyük ölçüde etkilemektedir. İşgücü istatistikleri, kadınların günlük olarak hayvancılık için ayırdıkları sürenin daha azını yansıtmaktadır. Sonuç olarak, kadınlar tarafından yürütülen hayvancılık işlerinin çoğu rapor edilmemekte, kaydedilmemekte veya resmi işgücü istatistiklerinde dikkate alınmamaktadır (FAO, 2011b). Kadınların tarımdaki rolünün güçlendirilmesi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada önemli

bir adımdır. Cinsiyet eşitliği sağlanarak kadınların tarımda eşit fırsatlara sahip olması hem bireyler hem de toplumlar için büyük bir kazanım olacaktır.

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 10, hem ülkeler içinde hem de ülkeler arasında cinsiyet, yaş, engellilik, ırk, sınıf, etnik köken, din ve fırsata dayalı eşitsizliklerin yanı sıra gelir eşitsizliklerini azaltma çağrısında bulunmaktadır (BM, 2015). Bu kapsamda, hayvancılık sektöründeki kurumsal reformlar, küçük ölçekli girişimciliği teşvik etmede ve eşitsizlik açıklarını kapatmada çok etkili olabilir. Hayvancılık, nispeten düşük yatırım, girdi ve işçilik maliyetleri ile küçük çiftçilerin gelir artışı için güçlü bir katalizördür. Bununla birlikte, zayıf veya ayrımcı mülkiyet hakları, küçük işletmelerin sürdürülebilir bir şekilde büyüme kapasiteleri üzerinde önemli bir kısıtlama olmaya devam etmektedir. Hayvancılığın etkin bir şekilde katkıda bulunmasını sağlamak, sektöre özgü politikaların ve yatırımların ötesine geçmek demektir. Tüm bunlara ilave olarak, geri kalmış bölgeleri birbirine bağlamak için altyapıyı geliştirmek gereklidir. Toplumdaki tüm bireyler için mali hizmetler de dahil olmak üzere kamu hizmetlerine erişimin iyileştirilmesi; emeklilik planları da dahil olmak üzere etkili sosyal koruma programları oluşturması, hayvanlarıyla birlikte hareket eden insanların ihtiyaçlarını dikkate alan göç politikalarının benimsenmesi ve az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere hayvancılık ve hayvancılık ürünleri ticareti için serbest ticaret anlaşmalarının uygulanması gibi uygulamalar hayvansal üretimin gelişmesinde ve sürdürülebilirliğin sağlanmasına katkı sağlayacaktır.

Adil geçim kaynaklarının sağlanmasına katkı sağlayan bir diğer kalkınma hedefi ise barışçıl ve kapsayıcı toplumları öngörmektedir (SKH-16). İstikrarlı ve huzurlu bir çevre, sürdürülebilir kalkınmanın temelidir. Gelişmekte olan ülkelerdeki birçok toplulukta, sosyal ve ekonomik refah hayvancılık sektörüyle yakından bağlantılıdır. Krizler sırasında ve özellikle kriz sonrası durumlarda, hayvansal protein arzını eski haline getirmek için çiftlik hayvanları gereklidir. Halk sağlığı açısından, hayvan hastalığı salgınları hızla yayılabilir ve bölgesel veya küresel düzeyde büyük sağlık, sosyal ve ekonomik krizlere dönüşebilir. Ayrıca, otlak arazisi giderek daha fazla baskı altına giren değerli bir üretim faaliyeti olduğundan, toplumlar arasında araziler ve otlaklar konusundaki anlaşmazlıklar çatışma kaynakları olabilir. İyi tanımlanmış mülkiyet hakları, net mevzuat, sağlam hayvancılık politikaları, yerel kurumlara güven ve sağlam altyapı gibi mekanizmalar, sektörün toplumsal barış ve istikrar için bir katalizör olma rolünü artırabilir.

2.3. Temel Beslenme, Sağlık ve Hayvancılık

Dünya'da 828 milyon insan açlık sorunu ile karşı karşıyadır, bu nüfusun çok büyük bir bölümü ise gelişmekte olan ülkelerde yaşamaktadır (FAO, IFAD, UNICEF, WFP ve WHO. 2022). Dünya nüfusunu yetecek oranda üretimin olmasına rağmen hala açlık ve yetersiz beslenme sorunu önemini korumaktadır. Bu açıdan hayvansal ürünler, açlığın sona erdirilmesi, gıda güvenliğine ve iyi beslenmeye ulaşmak ve sürdürülebilir tarımı desteklemek (SKH 2) hedefine ulaşmada kilit

role sahiptir. Hayvancılık sektörü temel beslenme ve gıda güvencesini sağlamaya farklı düzeylerde ve farklı açılardan önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Hane düzeyinde, hayvansal kökenli gıdaların doğrudan tüketimini artırabilir ve gelir elde etmeye yardımcı olabildiği gibi, kırsal topluluk düzeyinde, istihdam fırsatları yaratılmasını destekleyebilir. Ulusal ekonomi düzeyinde hayvansal gıda fiyatlarını düşürebilir, gelir sağlayabilir ve döviz kazandırabilir. Küresel düzeyde ise, dünyaya yeterli ve güvenilir et, süt, yumurta ve süt ürünleri tedarik edebilir. Et ve et ürünleri, süt ve yumurta ve bunların ürünleri yüksek biyolojik değerli proteinler, yağlar ve çeşitli fizyolojik, fonksiyonel bileşikler, örn. mikro/iz elementler ve vitaminleri içermektedir (Wyness, 2013; Zhang ve diğerleri, 2010). Bunlar, günlük insan beslenmesinde ve bilişsel ve fiziksel gelişim de dahil olmak üzere dengeli büyümenin sağlanmasında büyük önem taşımaktadır (Randolph ve diğerleri, 2007).

Diğer yandan sürdürülebilir kalkınma hedefleri arasında her yaşta herkes için sağlıklı yaşamın sağlanması (SKH-3) amaçlanmaktadır. Bu kapsamda değerlendirildiğinde, çiftlik hayvanlarının sağladığı faydalar iyi bilinirken, hayvanlar, uygun şekilde yönetilmezlerse, bulaşıcı ve bulaşıcı olmayan insan hastalıklarını ve hastalıklarını bulaştırabilirler. Çiftlik hayvanlarının barındırdığı birçok mikroorganizma insanlar için zararlıdır. Hayvansal kökenli gıdaların aşırı tüketimi bulaşıcı olmayan insan hastalıklarının yayılmasına yol açar. Hayvancılık üretiminde antimikrobiyallerin uygunsuz kullanımı patojenlerde ilaç direncinin artmasına katkıda bulunur ve dünya çapında genellikle tedavi edilemeyen hayvan ve insan enfeksiyonlarına neden olur. Gübre ve

diğer hayvansal atık ürünleri, toprağı ve yüzey sularını geniş ölçüde kirletir. İnsan sağlığı, hayvan sağlığı, beslenme ve çevre arasındaki bağlantıların büyüklüğü ve ilişkinin karmaşıklığı göz önüne alındığında, çok disiplinli ve disiplinler arası eylem gereklidir (FAO, 2018).

SKH 12, sürdürülebilir tüketim ve üretimi teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Hayvancılık tedarik zincirleri çok miktarda toprak, su, besin ve enerji kullanmakta ve sera gazı (GHG) emisyonlarına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Üretim ve tüketimde sürdürülebilirliğin sağlanamaması, yalnızca kaynakların verimsiz kullanımına neden olmaz, aynı zamanda ekonomik fırsatların kaybolmasına, çevresel tahribatlara, sağlık sorunlarına ve yoksulluğa da yol açar. Verimlilik kazanımları yoluyla hayvancılık sektörünün sürdürülebilirliğini artırmak için birçok fırsat ve mevcut teknoloji bulunmaktadır. Hayvan sağlığı, besleme, üreme uygulamaları, gübre ve otlatma yönetimindeki iyileştirmeler, tüm üretim sistemlerinde ve bölgelerinde var olan verim açıklarının kapatılmasına katkıda bulunabilir. Tedarik zincirlerinin tüm aşamalarında israf ve kayıpların azaltılması önemli ilerleme sağlayabilir.

2.4. Sürdürülebilir Ekosistemler ve Hayvancılık

Sürdürülebilir ekosistemler, temiz su ve sanitasyon, sürdürülebilir enerji, deniz kaynaklarının korunması, iklim eylemi, ekosistemlerin korunması, ekosistemlerin korunması ve sürdürülebilir şehirler bakımından hayvancılık ile etkileşimi incelenmiştir.

Temiz su ve sanitasyon, su kaynaklarının kalitesi ve sürdürülebilirliği ile ilgilidir (SKH-6). Tarım, dünyadaki tatlı suyun yaklaşık yüzde 70'ini kullanmaktadır ve küresel tarımsal suyun kabaca yüzde 30'u ise hayvancılık için kullanıldığı bildirilmektedir (Ran ve diğerleri, 2016). Toplam su ayak izi, hayvan yetiştirme sistemine bağlı olarak büyük ölçüde değişir, ancak yoğun hayvansal üretim, su ayak izini artırır (Mekonnen ve Hoekstra, 2012). Bu nedenle, bir çiftçilik sistemi seçerken, yalnızca ekonomik ve üretken yönler değil, aynı zamanda gerekli su kaynaklarına ve bunların sürdürülebilirliğine de dikkat edilmelidir. Diğerlerinin yanı sıra antimikrobiallere ve diğer kalıntılara çok dikkat eden tam entegre atık su yönetimine yol açacak şekilde su yönetimine bütüncül bir yaklaşım benimsenmesi kalkınmada kaynakların sürdürülebilir yönetimin için önemlidir.

Bir diğer konu ise enerjiye erişim ve yenilenebilir kaynakların daha fazla kullanımını teşvik edilmesi ile ilgilidir (SKH-7). Hayvancılık sektörü, gübreyi biyogaza dönüştürerek SKH-7 ile uyumlu olarak temiz, uygun fiyatlı, güvenilir ve sürdürülebilir enerjiye erişim sağlanmasına giderek daha fazla katkıda bulunmaktadır (FAO, 2018).

SKH-11, şehirleri sürdürülebilir kılmayı hedeflemektedir. Bugünün kentleşmesi, insan yerleşimleri tarihindeki en hızlı ve derin değişimlerden birini temsil etmektedir (BM, 2014). Bununla birlikte, son yirmi yılda, kentsel nüfus arttıkça, şehirlerde ve çevresinde gıda üretimine olan ilgi arttı. FAO tarafından tanımlandığı şekliyle kentsel tarım, taze gıda sağlamak, istihdam yaratmak, atıkları geri dönüştürmek ve şehirlerin iklim değişikliğine karşı dayanıklılığını güçlendirmek için

“şehirlerin içinde ve çevresinde bitki yetiştirmek ve hayvan yetiştirmektir”. Hayvancılık üretimi de dahil olmak üzere kentsel tarım, 1996 Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Konferansı tarafından sürdürülebilir şehirler için “arzu edilen uygulamalardan” biri olarak kabul edilmiştir (HABITAT II, 1996). Daha sonra Dünya Gıda Zirvesi (2002) ve BM Küresel Gıda Krizi Üst Düzey Görev Gücü (2008) tarafından kentsel gıda güvencesizliğini hafifletmek ve krizlere karşı daha dayanıklı şehirler inşa etmek için bir strateji olarak kabul edilmiştir (FAO, 2010). Kentsel tarım hem gelişmiş hem de gelişmekte olan dünyada yaygındır (Foodtank, 2016, Smit ve diğerleri, 2001).

Kent tarımının ayrılmaz bir parçası olan şehir içi ve çevresinde hayvancılık uzun yıllardır ve dünyanın birçok yerinde uygulanmaktadır (Thys, 2006; McClintock vd., 2014; Grace vd., 2015). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kentsel tarımın gıda güvenliği, beslenme ve hanehalkı gelirlerinin yaratılmasındaki önemli rolüne ilişkin farkındalık da arttı (Zezza ve Tasciotti 2010; De Zeeuw ve diğerleri, 2011). Hayvancılık, kendi zorlukları ve fırsatlarıyla birlikte genellikle kentsel tarımın bir parçası olmuştur. Yakın zamana kadar, kentsel hayvancılık üretimi genellikle sorunlu olarak görülüyordu ve şehir yasaları ve politikaları tarafından ciddi şekilde kısıtlanıyordu (McClintock ve diğerleri, 2014). Bununla birlikte, şehir sakinlerine sağlayabileceği faydalar nedeniyle, çiftlik hayvanlarını kentsel ortamlarda beslemek artık daha fazla tanınmaktadır (Dubbeling ve diğerleri, 2010). Kentsel hayvancılık, özellikle düşük gelirli ülkelerde, hane halkının gıda güvenliğini ve kentsel nüfusun ekonomik ihtiyaçlarını desteklemek için

gelişmiştir. Kentsel hayvancılık üretiminin başlıca faydaları arasında gelir elde edilmesi, istihdam yaratılması ve iyileştirilmiş gıda güvenliği ve beslenmenin sağlanması yer alır. Yine de uygun sanitasyon ve altyapının yokluğunda, çevre ve halk sağlığı tehlikeleri oluşturabilecekleri için, kentsel hayvancılık da önemli riskler taşımaktadır. Şehirleri daha sürdürülebilir hale getirmek için, sağlık, tarım, belediye ve çevre kurumları arasında gelişmiş koordinasyonun sağlanarak, sağlık ve çevresel risklerin yönetimi konusunda bu tehlikeler hakkındaki çiftçi eğitimleri ve şehir planlamasını yönelik bilgilendirmelerin yapılması önemlidir.

Sürdürülebilir ekosistemler açısından diğer bir konu ise iklim değişikliği ve hayvancılık etkileşimidir. Söz konusu husus SKH-13 ile ilgili olup, iklim değişikliği ve etkileriyle mücadele için acil eylem çağrısında bulunmaktadır. Hayvancılık ve iklim değişikliği arasındaki ilişki ise karşılıklı çalışmaktadır. Hayvancılık iklim değişikliğine neden olan etkenler ile yakından ilgilidir. Hayvancılık, sera gazı emisyonlarının önemli bir kaynağıdır. Özellikle büyükbaş ve kümes hayvancılığı, metan ve azot oksit gibi güçlü sera gazlarının salınımına yol açar. Bu gazlar, atmosferde birikerek iklim değişikliğini hızlandırır. Ayrıca, hayvan atıklarının işlenmesi ve depolanması da metan gazının yayılmasına neden olabilir. Diğer yandan iklim değişikliği de, örneğin yem ve kaba yemlerin kalitesi ve mevcudiyeti ve hayvan hastalıklarının görülme sıklığı ve yaygınlığı yoluyla hayvancılık üretimini etkilemektedir.

SKH-14, deniz ve kıyı ekosistemlerinin sürdürülebilir kullanımını teşvik etmektedir. Dünyanın okyanus balıkları ciddi şekilde tehlikededir. Ana tehdit, yabancı balık popülasyonlarının büyüklüğünü ve yaşayabilirliğini, hedef türlerin genetiğini ve bunların besin ağlarını ve ekosistemlerini etkileyen balıkçılık tarafından aşırı kullanımıdır (FAO, 2018).

SKH-15, bozulmuş doğal yaşam alanlarının azaltılmasına ve biyolojik çeşitlilik kaybıyla mücadeleye odaklanmaktadır. Dünya genelinde doğal kaynaklar bozulmakta, ekosistemler baskı altına ve biyolojik çeşitlilik tükenmektedir. Hayvancılık sektörü, biyolojik çeşitliliğin azaltılmasında, arazi bozulmasında ve ormansızlaştırmada rol oynarken, aynı zamanda karasal ekosistemlerin sürdürülebilir kullanımını koruyan, eski haline getiren ve destekleyen, çölleşmeyle mücadele eden, arazi bozulmasını tersine çeviren ve biyolojik çeşitlilik erozyonunu durduran paha biçilmez hizmetler sunması bakımından SKH-15 ile doğrudan ilgilidir. Hayvansal üretimin, sürdürülebilir mera yönetiminin desteklenmesinde, vahşi yaşamın korunmasında ve toprak verimliliğinin ve besin döngüsünün geliştirilmesinde etkili olabilecek bir faaliyettir. Besi hayvanlarının ekosistemler adına sağladığı hizmetlerin teşvik edilmesi ve yem kullanım verimliliğindeki ılımlı iyileştirmeler bu hedefe ulaşmanın anahtarıdır (FAO, 2018).

Sonuç

Hayvancılık sektörü, birçok ülkede ekonomik büyüme, istihdam ve gıda güvenliği gibi konularda önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, hayvancılığın çevresel, sosyal ve ekonomik etkileri dikkate alındığında,

sürdürülebilirlik açısından bazı zorluklar da ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, hayvancılık sektörünün sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi için bazı önemli adımlar atılması gerekmektedir.

İlk olarak, çevresel sürdürülebilirlik açısından hayvancılık sektöründe etkili önlemler alınmalıdır. Hayvancılık faaliyetleri, sera gazı emisyonları, su kaynaklarının azalması ve su kirliliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, zoonozların yayılması ve artan antimikrobiyal direnç gibi çevresel ve sağlık sorunlara yol açabilir. Bu sorunlarla mücadele etmek için, hayvancılık işletmelerinde enerji verimliliği ve atık yönetimi gibi konulara odaklanılmalıdır. Ayrıca, sürdürülebilir yem üretimi, hayvan gübresinin geri dönüşümü, hayvan refahı gibi uygulamalar da çevresel etkileri azaltmada önemli rol oynamaktadır.

Sosyal açıdan, hayvancılık sektörü adil iş fırsatları ve gelir dağılımını sağlama potansiyeline sahiptir. Ancak, bazı durumlarda, hayvancılık faaliyetleri toplumun bazı kesimlerini olumsuz etkileyebilir. Özellikle küçük çiftçiler, kadınlar ve yerli halk gibi dezavantajlı grupların hayvancılık sektöründen eşit bir şekilde faydalanmaları sağlanmalıdır. Bunun için, bu gruplara eğitim, finansal destek ve pazar erişimi gibi konularda yardımcı olunmalıdır.

Ekonomik açıdan, hayvancılık sektörü yerel ekonomilerin canlanmasına katkı sağlayabilir. Tarım gelirlerini artırarak kırsal kesimde istihdam yaratma potansiyeline sahiptir. Ancak, ekonomik sürdürülebilirlik için, hayvancılık sektörünün rekabetçi bir yapıya sahip olması ve ulusal ve uluslararası pazarlara erişiminin güvence altına alınması gerekmektedir. Bunun için, kalite standartlarının

iyileştirilmesi, teknoloji ve yeniliklere yatırım yapılması ve ticaret engellerinin kaldırılması gibi önlemler alınmalıdır.

Sonuç olarak, sürdürülebilir kalkınma ve hayvancılık sektörü arasındaki etkileşim oldukça önemlidir. Hayvancılık sektörü, ekonomik büyüme, istihdam ve gıda güvencesi gibi alanlarda fayda sağlayabilirken, çevresel ve sosyal sorunlara da neden olabilir. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınma hedefleri, hayvancılık sektörünün geleceği için önemli bir çerçevedir. Sürdürülebilir bir hayvancılık sistemi sağlandığında, çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan da sürdürülebilir bir gelecek için önemli bir katkı sağlanacaktır.

KAYNAKÇA

- Acosta, A. ve Barrantes, C. (2018). The vertical and horizontal economic effects of livestock growth. Animal Production and Health Division. FAO Working Papers. Rome.
- Birleşmiş Milletler (BM). (1987). Report of the World Commission on Environment and Development. [http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/DesarrollosostenibeDocuments/Informe%20Brundtland%20\(En%20ingl%C3%A9s\).pdf](http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/DesarrollosostenibeDocuments/Informe%20Brundtland%20(En%20ingl%C3%A9s).pdf).
- Birleşmiş Milletler (BM). (2014). World Urbanization prospects. The 2014 Revision. (<https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.Pdf>).
- Birleşmiş Milletler (BM). (2015). Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. New York, NY. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/progress-report/>
- Dünya Bankası. (2020). – PovcalNet: an online analysis tool for global poverty monitoring. World Bank, Washington, DC, United States of America. (<http://iresearch.worldbank.org/PovcalNet/home.aspx>).
- Dünya Bankası. (2022). Poverty and Inequality Platform, Poverty and Shared Prosperity 2022. <https://pip.worldbank.org/>
- Delgado, C.L. ve diğerleri. (1999). Livestock to 2020: the Next Food Revolution. Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper No. 28. FAO. Rome.

- De Zeeuw, H., Van Veenhuizen, R. ve Dubbeling, M. (2011). Foresight project on global food and farming futures. The role of urban agriculture in building resilient cities in developing countries. *Journal of Agricultural Science*,149:9–16.
- Dubbeling, M. de Zeeuw, H. ve van Veenhuizen, R. (2010). Cities, Poverty and Food: Multi-Stakeholder Policy and Planning in Urban Agriculture. RUAF Foundation, Practical Action Publishing.
- FAO. (2010). Food for the cities. (<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak824e/ak824e00.pdf>)
- FAO. (2011a). The state of food and agriculture: Women in Agriculture. Closing the gender gap for development. Rome: FAO. (<http://www.fao.org/docrep/013/i2050e/i2050e.pdf>).
- FAO. (2011b). The role of women in agriculture. Rome. (www.fao.org/docrep/013/am307e/am307e00.pdf).
- FAO. (2013). Understanding and Integrating Gender Issues into Livestock Projects and Programmes. A checklist for practitioners. FAO, Rome, Italy, 44 pp. (www.fao.org/3/a-i3216e.pdf).
- FAO. (2017). Livestock and the Sustainable Development Goals. Global Agenda for Sustainable Livestock. Policy Paper, Livestock Information, Sector Analysis and Policy Branch. Rome.FAO. 2018. World Livestock: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals. Rome. 222 pp.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP ve WHO. (2022). The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing food and

- agricultural policies to make healthy diets more affordable. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0639en>
- FAO ve KIT. (2016). Towards inclusive Pluralistic Service Systems, Insights for innovative thinking. Rome. (www.fao.org/3/a-i6104e.pdf).
- Felipe, J., Kumar, U., Abdon, A., Bacate, M. 2012. Product complexity and economic development. *Structural Change and Economic Dynamics*, 23(1): 36–68.
- Foodtank. (2016). Urban Agriculture. Twelve Organizations Promoting Urban Agriculture around the World. (<https://foodtank.com/news/2016/12/twelve-organizations-promoting-urban-agriculturearound-world/>).
- Global Agenda for Sustainable Livestock (GASL). (2011). Agenda consensus. <https://www.livestockdialogue.org/>
- Grace, D., Lindahl, J., Correa, M. ve Kakkar, M. (2015). Urban livestock keeping. In *Cities and Agriculture – Developing Resilient Urban Food Systems*. RUAF Foundation, pp. 255–284. (www.ruaf.org/urbanlivestock-keeping).
- HABITAT II. (1996). Second United Nations Conference on Human Settlements. Istanbul, 3–14 June 1996. (http://www.un.org/en/events/pastevents/UNCHS_1996.shtml).
- Hausmann, R. Ve diğerleri. (2011). The atlas of economic complexity - mapping paths to prosperity. Hollis: Puritan Press, 2011. 364 p.
- IFAD. (2011). Rural poverty report 2011. New realities, new challenges: new opportunities for tomorrow's generation. Rome.

- ILRI. (2007). Markets that work – Making a living from livestock. (<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/567>).
- McClintock, N., Pallana, E. ve Wooten, H. (2014). Urban livestock ownership, management, and regulation in the United States: An exploratory survey and research agenda. *Land Use Policy*,38: 426–440
- Mekonnen, M.M. ve Hoekstra, A.Y. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*, 15(3): 401–415.
- OECD-FAO. (2017). Agricultural Outlook 2017–2026. Paris. OECD Publishing. http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2017-2026_agr_outlook-2017-en)
- Ran, Y., Lannerstad, M., Herrero, M., Van Middelaar, C. E. ve De Boer, I. J. M. (2016). Assessing water resource use in livestock production: A review of methods. *Livestock Science*, 187: 68–79.
- Randolph, T., Schelling, E., Grace, D., Nicholson, C.F., Leroy, J.L., Cole, D.C., Demment, M.W., Omore, A., Zinsstag, J. ve Ruel, M. (2007). Role of livestock in human nutrition and health for poverty reduction in developing countries. *Journal of Animal Science*, 85: 2788–2800.
- Smit, J., Nasr, J. ve Ratta, A. (2001). Problems Related to Urban Agriculture. In *Urban Agriculture Food, Jobs and Sustainable Cities*. 2001 Edition. The Urban Agriculture Network, Inc. (www.jacsmit.com/book/Chap02.pdf).

- Sustainable Development Commission (SDC), (2011). Governing for the Future, March 2011 (www.sd-commission.org.uk/)
- Thornton, P.K., Jones, P.G., Owiyo, T.M., Kruska, R.L., Herrero, M., Kristjanson, P. U. ve diğerleri. (2006). Mapping climate vulnerability and poverty in Africa. 200pp. Nairobi, Kenya. ILRI. (<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/2307>).
- Thys, E. (2006). Role of Urban and Peri-urban Livestock Production. In Poverty Alleviation and Food Security in Africa. Mémoire in-8°, Nouvelle Série, Tome 26, fasc. 1. Bruxelles, Academie Royale des sciences d'outre-mer
- UNESCO. (2016). Education for people and planet: creating sustainable futures for all. Global Education Monitoring Report. UNESCO, Paris.
- UNIDO. (2016). Industrial Development Report 2016: The Role of Technology and Innovation in Inclusive and Sustainable Industrial Development. Vienna, Austria.
- Upadhyaya, S. (2013). Country grouping in UNIDO statistics. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) working paper 1/2013.
- Wyness, L. (2013). Nutritional aspects of red meat in the diet. In J.D. Wood and C. Rowlings, eds. Nutritional and Climate Change: Major Issue Confronting the Meat Industry. Nottingham University Press, pp. 1–22.
- Zhang, W., Ziao, S. Samaraweera, H., Lee, E.J. ve Ahn, D.U. (2010). Improving functional value of meat products. *Meat Science*, 86(1): 15–31.

Zeza A. ve Tasciotti L. (2010). Urban agriculture, poverty, and food security: Empirical evidence from a sample of developing countries. *Food Policy*,35: 265–273.

BÖLÜM 4

YARI KURAK İKLİM KOŞULLARINDA FARKLI SU DÜZEYLERİNİN İKİNCİ ÜRÜN SUSAM (*Sesamum indicum L.*) BİTKİSİNİN SU -VERİM İLİŞKİLERİ ÜZERİNE ETKİSİ *

Zeynep OBUT¹,

Doç. Dr. Ali Beyhan UÇAK¹

¹Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering - Siirt /Turkey E-mail: zeynepobut98@gmail.com (Yüksek Lisans Öğrencisi) Orcid: 0000 0003 2954 3749

¹Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering - Siirt /Turkey E-mail: abucak@siirt.edu.tr Orcid: 0000 0003 4344 2848

*Bu kitap bölümü "YARI KURAK İKLİM KOŞULLARINDA FARKLI SU DÜZEYLERİNİN İKİNCİ ÜRÜN SUSAM (*Sesamum indicum L.*) BİTKİSİNİN SU - VERİM İLİŞKİLERİ ÜZERİNE ETKİSİ" isimli Yüksek Lisans Tezinin bir kısmından alıntı içermektedir.

1.GİRİŞ

Ülkemizdeki yağlık tohumlar son derece önemli bir yere sahiptir. Tohumların içerdikleri vitaminler, yağlar, karbonhidrat ve mineraller açısından zengindir. Sanayi alanında da önemli hammadde oluşturmaktadır. Ülkemizde yağlı tohum yetiştiriciliği sınırlı kalmıştır. Ülkemiz bu ihtiyacı karşılamada yetersiz kalmıştır. İhtiyacımız olan tohumun büyük bir çoğunluğunu ithalat yolu ile dış ülkelerden karşılamaktayız. Yağlı tohumlar arasında önemli bir yere sahip olan susam ise ülkemizde üretimi belli bölgelerde sınırlı kalmıştır.

Pedeliaceae familyasına ait bir tür olan susam (*Sesamum indicum*), çiçekli bir bitki olup anavatanı Afrika'dır. Dünya'da tropik bölgelerde yaygındır. Doğal yollarla oluşturulmuş ve tohum kapsülünde yetişen yenilenebilir tohumları için üretilir. Susam bitkisi ilk olarak 5500 yıl önce Hint alt kıta coğrafi bölgesinde evcilleştirildiği bilinmektedir ve burada arkeolojik kalıntılara rastlanmıştır. Kömürleşmiş susam kalıntıları ise MÖ 3500-3550 yıllarında rastlanmıştır. Susam tohumu bilinen en eski tohumlardan biri olup 3000 yıldan fazla bir süre önce evcilleştirilmiştir. Susam yağlı bir üründür ve birçok çeşidi bulunmaktadır. Bunlar Sahra-altı Afrika'ya özgüdür. En yüksek yağ içerikli türler arasında yer alır. Sıcak ve kurak bölgelere dayanıklılık gösterir. Yetiştirilen bölgeler arasında Asya, Avrupa ve Türkiye'de bulunmaktadır. Susamın botanik özellikleri 50 ile 100 cm boyunda büyüyen çok yıllık bir bitkidir. Çiçekleri boru şeklinde 3-5 cm uzunluğunda, dört bölmeli ağzı vardır. Susam çiçeklerinin renkleri

genellikle beyaz, mavi ve mordur. Kirli beyaz susamın ticareti daha çok yapılmaktadır. Susam tohumları küçüktür. Tohum uzunluğu 3-4 mm, genişliği ise 2 mm, kalınlığı 1 m'dir. Tohumları oval şekildedir. Tohum kabukları ise düz veya nervürlü olabilmektedir (Anonim, 2022).

Türkiye'de susam tarımının başlangıcı 1850'lere dayanmaktadır. Cumhuriyet yıllarında gelişmeye başlanmıştır. 1990'larda yağlı tohumlar grubunda yer alan susam bitkisi, toplam ekim alanlarının %11,8'ini oluşturmuştur. 2014 yılında bu oran %2,0 oranında azalma göstermiş ve üretimde düşüş yaşanmıştır. (TUIK, 1993; TUIK, 2016). 1990-2014 yılları arasında susam ekim alanında %68,9 miktarında ise %54,6 düzeyinde düşüş yaşanmıştır. Ülkemizde 1985 yılındaki susam üretimi 39,000 ton, 2014 yılında ise 17,716 tondur (Seçer, 2016).

İlk kültüre alınan yağ bitkilerinden biri olan susam yazlık bir yağ bitkisi olup insan beslenmesinde de önemli bir yere sahiptir. İçerdiği besin değerleri ile önemli bir role sahiptir. Aynı zamanda susam tohumları %50-60 oranında yağ içermektedir. Susam protein oranı %25 civarındadır. (Tan, 2012). Çevresel faktörler ve uygulanan kültürel işlemler susam bitkisinin gelişme dönemlerinde oluşan tohumun içeriği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Öztürk ve Şaman, 2012). Şekil 1.1'de susam tohumu, şekil 1.2'de Susam çiçeği görülmektedir.



Şekil 1.1. Susam tohumu



Şekil 1.1. Susam çiçeği

1.1. . Tarımda Sulamanın Önemi

Diğer tarımsal girdilerin optimum düzeyde karşılanması koşuluyla, büyüme mevsimi boyunca bitki kök bölgesinde depolanan su miktarı arttıkça verimde de bir artış meydana gelmekte ve belirli bir toprak suyu düzeyinde verim en yüksek değere ulaşmaktadır. Belirli bir düzeyden sonra uygulanan su verimde daha fazla artışa değil aksine drenajın iyi olmadığı koşullarda verimde azalmaya neden olmaktadır. Büyüme mevsimi boyunca bitki kök bölgesinde depolanan su miktarı bitkinin gereksinimini karşılamaktan uzak ise su eksikliği nedeniyle bitki veriminde azalmalar meydana gelir. Verim azalışı toprak su eksikliğinin derecesine, bitkinin strese duyarlılığına ve atmosferik koşullara bağlıdır (Gençoğlan ve Yazar, 1999). Bu konuda yapılan araştırma sonuçlarına göre, topraktaki su stresine karşı en hassas olduğu dönemin çiçeklenme+döllenme ve dane bağlama dönemi olduğu saptanmış ve söz konusu dönemde su stresinin verimde önemli düzeyde azalmalara neden olduğu belirlenmiştir. Kuru tarım yetiştiriciliğinde çeşidin verime katkısı %20-30 düzeyinde iken, sulu tarım yetiştiriciliğinde bu katkı %50'ler düzeyine çıkabilmektedir (Eck, 1984; Eck, 1986). Shaozhong ve ark. (2000), bitkilerin su-verim interaksiyonu ile ilişkili olarak verimin artması veya azalmasının çeşide, yağış ve buharlaşma miktarına, toprağın hidrolik iletkenliğine bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Etkin ve yüksek verimli bitkisel üretim için önemli bir girdi olan suyun en iyi biçimde kullanılması gerekir. Bu ise farklı yetiştirme koşullarında yağış ve sulama yoluyla sağlanan suyun

bitki gelişimi ve verimi üzerindeki etkilerinin anlaşılması ile mümkündür (Baştuğ, 1987).

Yazlık bir çeşit olan susamın ülkemizde bitkisel yağ olarak tüketimi sınırlı kalmıştır. Aynı zamanda yemeklik yağ sanayisinde kullanımından çok, tahin ve tahin helvası üretiminde ve simit gibi unlu gıdalarda kullanılmaktadır. Susamın küspesi kaliteli bir hayvan yemidir ve mısır unundan yapılan ekmeğe katkı maddesi şeklinde ilave edilir. İnsan gıdası olarak da sofralarımızda yerini almaktadır. Tarımda ana ürün ve ikinci ürün olarak üretimi gerçekleştirilmektedir. İnsan faktörü ile üretilen kültür bitkileri ile ekim nöbetine girebilmesi susamı daha avantajlı hale getirmiştir (İşler, 2013).

Canlılar için yaşam kaynağı olan su tarımsal üretiminin en önemli bileşenlerinin başında gelmektedir. Tarımsal üretimde önemli bir yere sahip olan su aynı zamanda bitkiler için önemli bir kaynaktır. Sulamayla ürün daha iyi verim sağlamaktadır. Bu yüzden su tarımsal alanda önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde toplam sulanabilir arazi miktarı 8,5 hektar olup bunun 4,7 milyon hektar'ı sulanabilmektedir (Kadıoğlu, 2018).

Türkiye'de sulamaya açılan tarım arazilerinin sulanmasında %75 oranında salma sulama kullanılırken, bu oran yağmurlama sulamada %20, damla sulama da ise %5 düzeyindedir. Günümüzde damla sulama gibi daha az su ve işçilik kullanımı gerektiren, drenaj ve tuzluluk sorunu oluşturmayan verimi artıracak sulama sistemlerinin önemi gün geçtikçe daha da artmaktadır. Uygun sulama programı hazırlanırken bitkinin ihtiyaç duyduğu dönemlerde ihtiyacı kadar su verilmesi

gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu doğrultuda hazırlanacak sulama programları ile daha verimli sonuçlar elde edilebileceği aşikardır.

Ülkemizin yapılan sulu ve susuz tarımının, 80 milyonun üzerinde olan nüfus miktarının ve gelişen sanayimizin tatlı suya ihtiyaç oranı her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle yer üstü ve yer altı kaynaklarımızın kontrollü bir biçimde kullanılması gerekmektedir. Suyun kısıtlı olduğu bölgelerde kısıntılı sulama uygulaması yapılmalıdır. Bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun yağışlarla karşılanamayan kısmının bitki köklerine kontrollü bir biçimde, gereken miktarda ve zamanında verilmesine işleme tarımsal sulama adı verilmektedir.

Tarımsal sulama optimum verim suyun toprağa ekonomik ve teknik olarak uygun bir düzeyde verilmesi ile sağlanmaktadır. Sulamada optimum verimi elde edebilmek için arazinin toprak özellikleri, bitki türü, sulama suyu miktarı, bölgenin iklim özellikleri, arazinin topografyası, bölgenin sosyal ve kültürel özellikleri ile kullanılacak suyun kalitesi esas alınmalıdır (Aras, 2014).

Tarımda sulama veriminin artırılmasında, kullanılan suyun azaltılmasında, sulanamayan alanların sulamaya elverişli hale gelmesinde bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun bir kısmını alarak bir kısmını kısıntı yaparak kısıntılı sulama uygulanmaktadır. Birçok araştırmada gözlemlenmiş bir konu olan kısıntılı sulama yöntemi sudan önemli bir miktarda kesintiye uğraması halinde tasarruf sağlanabileceği ortaya koymuştur (English, 1990; Pereira ve ark., 2002; Fereres ve Soriano, 2007; Karakaya ve Ödemiş, 2019). Sulamadan verim

alabilmek için üretim yapılacak olan bölgenin iklim koşulları dikkate alınmalı, toprak yapısı incelenmeli, mevcut su kaynakları araştırılmalı ve uygun sulama yöntemi belirlenmelidir. İkinci ürün susam bitkisinde, kısıntılı sulama uygulamalarının, verim ve kalite özellikleri ve su kullanım etkinliği üzerine olan etkilerinin ortaya konulmasıyla birlikte en uygun sulama programının belirlenmesi yöntemiyle yapılacak olan araştırmalar uygun koşullarda yürütülmelidir. Üretim alanlarında bitki için en uygun sulama programı belirlenmelidir.

Son yıllarda bitkilerin içsel su durumunu belirlemeye yönelik yeni metotlar sulama planlamalarının veya programlarının hazırlanmasında yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Gönen ve ark., 2018; Ucak ve Secme, 2021). Bitkinin içsel su durumunun anlaşılmasını sağlayan ve çok kolay bir şekilde ölçmeye imkan sağlayan yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi, son zamanlarda teknolojideki yeniliklere paralel olarak, ticari değeri yüksek bitkilerin sulama programlarının hazırlanmasında kullanılmaya başlanmıştır (Pouyafard ve ark., 2016; Momen ve ark., 2017; Gönen ve ark., 2018; Ahmadi ve ark., 2017; Çolak ve ark. 2015; Camoglu and Genc, 2013;Ucak ve ark.2019). Bir çok bilim insanı, farklı bitkilerde CWSI'nin sulama planlaması açısından kullanışlı ve kolay bir indeks olduğunu bildirmiştir (Erdem ve ark., 2006; Erdem ve ark., 2010; Yazar ve ark., 2010; Bozkurt Çolak ve ark., 2015; PobleteEcheverría ve ark., 2015; García-Tejero e al. 2018 ; Gönen ve ark., 2018).

Bu çalışmanın amacı yarı kurak iklim koşullarına sahip Siirt ili'nde damla sulama yöntemi ile sulanan ikinci ürün susam bitkisinin kısıntılı

sulama koşulları altında, verim-kalite özelliklerinin aynı zamanda su kullanım etkinliğinin ve en uygun sulama programının belirlenmesidir.

2. Sonuçlar

Siirt ili yarı-kurak iklim koşullarında damla sulama sistemi yöntemi ile sulanan, ikinci ürün susam bitkisinde, kısıntılı sulama uygulamalarının verim ve kalite özellikleri, verim tepki etmeni ve su kullanım randımanı üzerine olan etkilerini araştırmak ve aynı zamanda en uygun sulama programı belirlenmek amacıyla yürütülen denemeden elde edilen sonuçlar aşağıda özet olarak sunulmuştur. Deneme süresince uygulanan sulama suyu miktarı 198,8-568 (mm) su olarak belirlenmiştir. Mevsimlik bitki su tüketimi 261,8-631 (mm) olarak değişmiştir. En düşük su kullanım randımanı (WUE) değeri I₁₃₅ konusundan 1,42 kg da⁻¹ elde edilirken, en yüksek WUE değeri I₁₀₀ konusunda 1,93 kg da⁻¹ gerçekleşmiştir. Susamın sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ise en yüksek değer I₃₅ sulama konusundan 2,23 kg da⁻¹, en düşük değer ise I₁₀₀ sulama konusundan 2,12 kg da⁻¹ elde edilmiştir.

Uygulanan kısıntılı sulama bitki boyunda sulama konusu, genotip, genotipxsulama konusu interaksyonu yan dal sayısında genotipxsulama konusu interaksyonu, kapsül sayısında sulama konusu, genotip, genotipxsulama konusu interaksyonu ilk dal yüksekliğinde sulama konusu, genotipxsulama konusu interaksyonu, CWSI'da sulama konusu, genotip, genotipxsulama konusu interaksyonunda, IWUE'de sulama konusu, genotip, genotipxsulama konusu interaksyonu, WUE'de sulama konusu, genotip, CWSI'de sulama

konusu, genotip, genotipxsulama konusu interaksyonu ve verimde sulama konusu, genotip etkileri istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Verim değerlerinde genotipxsulama konusu interaksyonunda ise % 5 seviyesinde önemli bulunmuştur. Araştırma sonucunda; bitki boyu sulama konularına göre; 73,11-109,33, genotibe göre, 83-98 ve genotipxsulama konusu interaksyonuna göre 63,66-120,33 arasında değişiklik göstermiştir. Kapsül sayısı sulama konularına göre; 57-114,22, genotibe göre 74,55-88,44, genotipxsulama interaksyonuna göre ise 52,33-126,00 adet bitki⁻¹ arasında değişmiştir. Yan dal sayısı genotipxsulama konularına göre; 1,66-4,33 olarak saptanmıştır. CWSI sulama konularına göre; 0,30-0,64, genotibe göre, 0,41-0,53 ve genotipxsulama interaksyonu konusuna göre ise 0,26-0,69 arasında değişiklik göstermiştir. IWUE değerleri sulama konularına göre; 1,83-2,23, genotibe göre, 1,82-2,33 ve genotipxsulama interaksyonuna göre ise 1,60-2,58 arasında değişmiştir. WUE değerleri sulama konularına göre; 1,42-1,93 ve genotibe göre ise 1,43-1,85 arasında değişmiştir.

Elde edilen parametreler üzerinde en düşük ortalama değerler I₃₅ sulama konusu olarak saptanmıştır. Bu değerlere göre uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça verim değerlerinde de yükselme gerçekleşmiştir. Yapılan araştırma sonucuna göre tescilli 3 susam genotibinden Arslanbey; 894,44 kg da⁻¹, Hatipoğlu; 803,11 kg da⁻¹, Boydak; 711,22 kg da⁻¹ tohum verimi elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre susam bitkisinde en yüksek tane verimi 1348 kg da⁻¹ ile I₁₀₀ sulama konusundan (%100) elde edilmiştir. En düşük tane

verimi ise 403 kg da⁻¹ ile I₃₅ sulama konusu (%35 sulama, %65 kısıntı) konusundan elde edilmiştir. Sulama düzeyinin artırılması ile birlikte dane veriminin de önemli derecede arttığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak ikinci ürün susam bitkisinde en yüksek tane verimine ulaşmak için her 7 günde bir 0-90 cm toprak profilinde kaybedilen suyun %100'ünün sulama suyu olarak uygulandığı I₁₀₀ sulama programı tercih edilebilir.

Elde edilen bulgular neticesinde; Siirt koşullarında ikinci ürün susam yetiştiriciliğinde kısıntılı sulama uygulanmaması gerektiği söylenebilir. Su kaynaklarının kısıtlı olduğu bir çalışma tercih edilirse susam vejetatif döneminde sulama uygun olup tozlaşma ve hasat döneminde ise sulamanın uygun olmadığı söylenebilir. Yarı kurak iklime sahip Siirt koşullarında ikinci ürün susamda kısıntılı sulama işletmeciliğinin oldukça dikkatli planlanması gerektiği vurgulanmış olup verim ve verim bileşenleri üzerinde etkili olacağı söylenebilir.

2. KAYNAKÇA

- Ahmadi, S. H., Agharezaee, M., KamgarHaghighi, A. A., & Sepaskhah, A. R. (2017). Comparing canopy temperature and leaf water potential as irrigation scheduling criteria of potato in water-saving irrigation strategies. *International Journal of Plant Production*, 11.
- Anonim, 2022. <https://acikerisim.uludag.edu.tr/handle/11452/5804?mode=full> Acikerisimuludag.com. Ziyaret Tarihi [12.10.2022].
- Aras, İ., 2014. Su yönetimi ve sulama sistemleri Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Camoglu, G., 2013. The Effects of water stress on evapotranspiration and leaf temperatures.
- Çolak, Y. B., Yazar, A., Çolak, İ., Akça, H., & Duraktekin, G. (2015). Evaluation of crop water stress index (CWSI) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. *Agriculture and agricultural science procedia*, 4, 372- 382.
- Eck, H. V. (1984). Irrigated corn yield response to nitrogen and water. *Agronomy Journal*, 76 (3): 421-428
- English, M. (1990). Deficit irrigation. I. Analytical framework. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 116, 399–412.
- Erdem Y, Arin L, Erdem T, Polat S, Devenci M, Okursoy H and Gultas H (2010). Crop Water Stress Index for Assessing Irrigation Scheduling of Drip Irrigated Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). *Agric. Water Manage.* 98 (1), 148– 156.

- García-Tejero, I. F., Gutiérrez-Gordillo, S., Ortega-Arévalo, C., IglesiasContreras, M., Moreno, J. M., SouzaFerreira, L., & Durán-Zuazo, V. H. (2018). Thermal imaging to monitor the crop-water status in almonds by using the non-water stress baselines. *Scientia Horticulturae*, 238, 91-
- Gençoğlan, C., Altunbey, H., Gençoğlan, S., 2006. Response of Green Bean (*P. Vulgaris* L.) to Subsurface Drip Irrigation and Partial Rootzone Drying Irrigation. *Agricultural water management*, 84(3): 274-280
- Gönen, E., Bozkurt, Y., Yazar A., Tanrıverdi Ç., Sesveren, S. (2018). Bitkiye Dayalı Ölçümler Kullanılarak Gün İçerisinde En Uygun Sulama Zamanının Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi.
- İşler, N., 2013. Susam Yetiştiriciliği, M.K.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü syf 1-80 .
- Kadioğlu, M., 2008. Kuraklık risk yönetimi. *Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansı, Konya*.
- Momen, M., Wood, J. D., Novick, K. A., Pangle, R., Pockman, W. T., McDowell, N. G., & Konings, A.G. (2017). Interacting effects of leaf water potential and biomass on vegetation optical depth. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 122(11), 3031-3046.
- Seçer, A., 2016. *Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi*, 69813. J. Agric. Food Sci. 31: 27-36, 2016.

- Öztürk, Ö., ve Şaman, O. (2012). Effects of different plant densities on the yield and quality of second crop sesame. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Biological*
- Poblete-Echeverría, C., Espinace, D., Sepúlveda-Reyes, D., Zúñiga, M., & Sanchez, M. (2015, June). Analysis of crop water stress index (CWSI) for estimating stem water potential in grapevines: comparison between natural reference and baseline approaches. In: VIII. International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops 1150 (pp. 189- 194).
- TÜİK, 2016, Türkiye İstatistik Kurumu, Susam Üretim İstatistikleri. <https://www.tuik.gov.tr/> Ziyaret Tarihi [19.03.2022].
- Tan, A., 2012. Susam Tarımı. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayınları, No: 146, s. 2-15 İzmir
- Ucak, A. B., & Secme, H. (2021). Determination of Irrigation Time Using Plant Water Stress Index Values of Second Crop Sunflower in Semi-Arid Climate Conditions. *Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology*, 9(12), 2289–2295.
- Yazar A, Tangolar S, Sezen SM, Colak YB, Gencel B, Ekbic H and Sabır A (2010). New Approaches in Vineyard Irrigation Management: Determining Optimal Irrigation Time Using Leaf Water Potential for High Quality Yield under Mediterranean Conditions. *Turk. Science and Research Council (TUBITAK)*(Project No: TOVAG-1060747), 100 pp.

BÖLÜM 5

YABANCI OTLARIN BİYOLOJİK KONTROLÜNDE POTANSİYEL ÖNEME SAHİP CHRYSOMELİDAE TÜRLER

Dr. Öğr. Üyesi Mesut SIRRI¹
Dr. Öğr. Üyesi Neslihan BAL²

¹ Siirt Üniversitesi, Kurtalan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Siirt, Türkiye. m.sirri@siirt.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-9793-9599

² Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji, Ankara, Türkiye. neslihan.bal@gazi.edu.tr
Orcid No: 0000-0002-8122-7914

GİRİŞ

Doğal ekosistemin önemli bir bileşeni olan yabancı otlar, sahip oldukları üstün özellikleri sayesinde çok farklı iklim ve toprak şartlarına adaptasyon sağlayan, ekstrem koşullarda bile hayatta kalmayı ve üreme yeteneği olan kozmopolit türlerdir (Atay ve ark., 2015; Önen, 2021a). Dolayısıyla yabancı otlar sahip oldukları genetik çeşitlilik ve rekabet güçleri sayesinde başta tarım alanları olmak üzere çayır-mera alanları, sulak habitatlar, park-bahçe alanları, arkeolojik alanlar, sportif alanlar, demir ve hava yolları gibi çok farklı ortamlara kolayca uyum sağlayabilmektedir (Özer ve ark., 2001; Önen, 2021a).

Yabancı otlar tarımsal ekosistemde ise kültür bitkilerinin üretimini etkileyen en önemli bitki koruma sorunlarından birisidir. Nitekim yabancı otlara karşı gerekli önlemlerin alınmaması durumunda kültür bitkisine bağlı olarak %20'den %100'lere kadar bir ürün kaybına sebep olmaktadır (Günca, 2014). Bu nedenle üretim alanlarında yabancı otları kontrol altına almak verim ve kalite açısından önemli olduğu kadar tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından da elzem bir durumdur (Önen, 2021). Ancak son yıllarda etkisi daha da artan küresel ısınma nedeniyle meydana gelen iklimsel değişiklikler (sıcaklık ve yağış), tarımsal üretimi de ciddi bir şekilde etkileyebilmektedir (Önen ve Özcan, 2010). Nitekim iklim değişikliği ile beraber toprak oluşumu, toprak kalitesi ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayları daha fazla etkilemektedir (Durak ve Ece, 2007). Bunun yanı sıra doğal su kaynakları ve bitki koruma etmenleri (hastalık, zararlı ve yabancı ot istilasını) ve mücadelesini de (pestisitlerin etkinliğinin azalması ve dayanıklılık) etkilemektedir. Özellikle son yıllarda küresel düzeyde tarımsal üretim açısından da önemli bir sorun haline gelen istilacı yabancı otların daha fazla artmasına ve yayılmasına neden olmuştur (Önen, 2015).

Tarımsal alanları istila eden yabancı ot veya istilacı yabancı otların kontrol altına alınması için başta kimyasal uygulamalar olmak üzere farklı mücadele

yöntemleri uygulamaktadır (özer ve ark., 2001). Ancak üretici tarafından en az işgücü ve daha hızlı etki gösteren kimyasal uygulamaları daha çok tercih edilmektedir. Ayrıca iklim değişikliği ile beraber bilinçsiz kullanım nedeniyle çoğu zaman etkili olan herbisitler de dahil yabancı otları kontrol altına alınmadığı bilinmektedir. Bu durum da üreticileri daha fazla kimyasal ilaç kullanımına yöneltmekte ve sorun olan yabancı otlar baskılansa da beraberinde birçok yeni ekolojik ve çevresel sorunu meydana getirmektedir. Nitekim aşırı ve bilinçsiz pestisit kullanımıyla insan ve çevre sorunlarının yanı sıra gıda ürünlerinde kalıntı, fitotoksik ve yabancı otlarda dayanıklılık sorunu gibi çok ciddi ekolojik ve ekonomik sorunlara neden olmaktadır (Önen, 2010; Mengüç ve Elibüyük, 2014). Dolayısıyla yabancı otları küresel düzeyde tarımsal üretim ve sosyo-ekonomik sorunlar nedeniyle yıllık ortalama 40 milyar ABD dolarından daha fazla bir ekonomik kayba neden olduğu düşünülmektedir (Anonim, 2023). Bu durumda yabancı otların hem ekolojik hem de ekonomik açıdan meydana getirdiği zararlar nedeniyle kontrol altına alınması bir zorunluluk haline gelmiştir.

Sanayi devrimi ile ortaya çıkan ve hızla yaygınlaşmaya başlayan kimyasal ilaçlar tarımsal üretimin yanı sıra insan ve çevre üzerindeki zararları da hızla artmaktadır. Dünya genelinde pestisit ilaçların içinde en büyük paya sahip herbisitler (FAO, 2022), kalıntı riski, dayanıklılık ve dolaylı etkileri (küresel ısınma vb) nedeniyle ekosistem üzerinde birçok olumsuz sonuçları da beraberinde getirmektedir (Janaki ve ark., 2015; Önen ve Özcan, 2015). Ancak son yıllarda artan çevre bilinci ve tarımsal sürdürülebilirlik ön planda tutan yenilikçi ve ekolojik üretim arayışlarının daha fazla yaygınlaşmasına neden olmuştur (Önen, 2010; Baker ve ark., 2019). Bu durum üretim alanlarında bitki koruma amaçlı kullanılan kimyasal ilaçlar için alternatif arayışlarında hızlanmasını sağlamıştır (Mengüç, 2018). Bu gelişmeler sonucunda ekosistemde sürdürülebilirliği destekleyen, ürünlerde kalıntı problemi,

dayanıklılık sorununa neden olmayan çevreci bir yaklaşım sergileyen biyolojik mücadele uygulamalarına yöneltmiştir (Atay ve ark., 2015).

Biyolojik mücadele, kültür bitkilerine zarar vermeden, üzerinde beslendiği konukçu yabancı otların çoğalma ve yayılmasını önlemek veya populasyon yoğunluğunu mücadele eşiğinin altında tutan, doğal düşman olarak kullanılan canlılardan (böcek, patojen vb) yararlanılan bir mücadele yöntemidir (Atay ve ark. 2015; Uygur ve Uygur 2010; Uygun ve ark. 2010). Genel anlamda biyolojik mücadele diğer yönetim sistemleri gibi tamamen ortadan kaldırma ilkesine sahip değildir. Dolayısıyla biyolojik mücadele ajanları üzerinde beslendiği ve konukçusu olan yabancı otları populasyon yoğunluklarının baskılamaktadır. Bu durum yabancı otların bulunduğu bölge ya da ekosistemlerde yoğunluğunu ve dağılımını baskılayan doğal düşmanları bulmaktadır. Nitekim istila haline gelen yabancı otlarla mücadelede sorun olan yabancı otun orijini olan bölgedeki doğal düşmanlarıyla kontrol edilebilirliği daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Güncan, 2001).

Biyolojik mücadelenin ilk uygulama tarihi tam bilinmemekle beraber geçmiş çok eskiye dayanmaktadır. Literatürde rastlanan bazı çalışmalar; M.Ö. 3000 yılından itibaren Hindistan ve Japonya'da çeltik tarlalarında yabancı ot kontrolü yönüyle otçul sazanların üretiminin yapılmasıyla başladığı belirtilmiştir (Bell, 2015). Ancak yabancı otların biyolojik kontrolüne yönelik ilk girişimler, Hindistan'da (1836) başlasa da bir program dahilinde yapılan biyolojik mücadele, Hawaii'de (1902) ve Avustralya'da (1914) sorun olan *Lantana camora* L.'ya karşı potansiyel biyolojik kontrol ajanlarının (böceklerin) araştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir (Day ve Witt 2019). Ancak modern anlamda yabancı otların biyolojik kontrolüne ilişkin çalışmaların 20. yy itibaren başladığı görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmalar başarılı uygulamaların yanında birçok başarısız uygulamaların da yer aldığı uzun bir geçmiş bulunmaktadır. Bu sebeple biyolojik mücadele programlarının

geliştirilmesi ve uygulanması için geçmiş deneylerden ve oluşan temel stratejilerden faydalanması biyolojik mücadele uygulamalarında başarı sağlamak için büyük bir öneme sahiptir (Atay ve ark., 2015).

Yabancı otlara karşı kullanılan biyolojik kontrol ajanlarının çoğunluğunu böcek türleri oluştursa da patojen ve diğer canlı türlerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmaların ilk başarılı örnekleri Holloway tarafından 1964 yılında süs bitkisi olarak kullanılan *Opuntia* spp.'nin mücadelesinde bir galeri güvesinin Avustralya'ya getirilmesiyle başlamıştır (Mcfadyen, 2012). Daha sonraki süreçlerde ise yabancı otların biyolojik kontrolünde önemli bazı çalışmalara imza atılmıştır. O zamandan beri, biyolojik mücadele kapsamında 200 yabancı ot türü hedeflenmiş ve 500'den fazla doğal düşmanla kontrol altına almaya çalışılmıştır (Day ve Witt 2019). Zira küresel düzeyde kasıtlı olarak 90'dan fazla ülkede yabancı otlarla biyolojik mücadele kapsamında en az bir biyolojik ajan doğaya bırakılmıştır (Winston ve ark., 2014). Ancak bu çalışmalarda hedeflenen yabancı otlardan yaklaşık %66'sı ilgili biyolojik ajan tarafından tamamen veya kısmen kontrol edildiği belirtilmiştir (Schwarzländer ve ark. 2018). Bu durum biyolojik ajanlarla hedef yabancı otların popülasyon ve yoğunlukları belli düzeyde kontrol altına alınabilmektedir. Aksi durumda "EICA hipotezi" açıklandığı gibi yabancı otlar veya istilacı yabancı otlar üzerinde doğal düşman baskısı olmadığı durumlarda savunma mekanizması için kullanılacak kaynaklar bitkinin gelişim ve çoğalma gibi diğer fizyolojik faaliyetlerinde kullanılarak diğer bitki türlerine nazaran daha rekabetçi durumuna geldiği belirtilmiştir (Blossey ve Nozold, 1995; Keane ve Crawl, 2002). Bu nedenle yabancı ot popülasyon yoğunluklarının artması tarım ve tarım dışı alanlarda istila oluşturarak önemli sorunlara neden olmaktadır (Önen ve Özcan, 2010). Özellikle kimyasal mücadele dahil olmak üzere diğer mücadele yöntemlerinin kullanımının kısıtlı olduğu sulak alanlar ve doğal tarım ekosistemlerinde yabancı otlarla mücadele çoğunlukla ilkel (elle, çapa) yöntemlerle yapılmaktadır. Bu durum önemli düzeyde kaynak, işgücü ve

zaman kaybına neden olmaktadır (Atay ve ark., 2015). Dolayısıyla bu tür alanlarda yabancı ot kontrolünde klasik biyolojik yabancı ot mücadele uygulamalarının kullanılması ekolojik, ekonomik ve sürdürülebilirliği açısından etkili bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Hough-Goldstein ve ark., 2008).

Klasik biyolojik mücadele çalışmaları 100 yıldan fazla bir süre devam etmesine rağmen başarılı uygulamaların ve sürdürülebilirliği genel olarak Avustralya, Güney Afrika, Kanada, Kuzey Amerika ve Yeni Zelanda gibi ülkelerle sınırlı kalmıştır. Ancak son yıllarda ekoloji hassasiyeti ve insan sağlığı gibi bilinçlenme çalışmaları nedeniyle yabancı otlarla biyolojik mücadele çalışmaları hız kazanmıştır. Ayrıca gerek teknolojik gelişmelerle beraber ajan takibinin kolaylaşması, gerek biyo-kontrol ajanlarının seri üretim aşamalarına geçilmesi (preparat veya doğal düşman salımı şeklinde) biyolojik mücadele çalışmaları küresel düzeyde daha fazla uygulama alanı bulmuştur (Sırrı ve Özaslan, 2022).

Yabancı otların biyolojik mücadele uygulamalarında biyolojik ajan olarak böcek, patojen, nemotod, koyun, kaz, balık ve salyangoz gibi canlılardan faydalanılarak yürütülmektedir (Uygur ve Uygur, 2010). Ancak yabancı otların biyolojik kontrolünde en fazla yararlanılan doğal ajanlar içerisinde böcekler en önemli grubu oluşturmaktadır. Doğal ajan olarak kullanılan böcekler genel olarak Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, Hymenoptera ve Thysanoptera gibi takımlarına ait türleri oluşturmaktadır (Winston ve ark., 2023). Bu böcek takımları içerisinde yabancı otların biyolojik kontrolünde böcek kökenli etmenleri içerisinde Coleoptera takımının önemli bir yeri vardır. Zira bu takıma ait doğal düşmanların mensup oldukları ve tür çeşitliliği açısından en zengin familyalardan birisi de Chrysomelidae ait türlerdir.

Dünya genelinde Chrysomelidae ailesine ait 19 alt familya, 2.000'den fazla cins ve yaklaşık 50.000 tür ile temsil edilmektedir (Lopatin, 1977; Gruev, 1992).

Ülkemizde ise Chrysomelidae familyasına ait 91 cins v 930 türün kayıtlı olduğu belirtilmiştir (Riley et al., 2002; Aslan et al., 2014; Aslan & Alkan, 2015; Bal et al., 2016b; Ekiz et al., 2013; Löbl & Smetana, 2010; Özdikmen et al., 2014; Özdikmen & Bal, 2016). Bu familyaya ait türlerin genellikle Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Polygonaceae, Ranunculaceae gibi bitki familyaları üzerinde biyolojik dönemlerini geçirerek belli oranlarda zararlar meydana getirdiğini belirtilmiştir (Çam ve Atay, 2004). Ayrıca bu türler genel olarak konukçusunun yapraklarıyla beslenmeleri nedeniyle yaprak böcekleri olarak isimlendirilir (Aslan ve ark., 1999). Ancak erginleri konukçu bitkilerin çiçek tablasındaki dölllenme organları ve polenleri ile beslenmelerinin yanında asıl zararlarını yapraklarda meydana getirmektedir. Larvalar ise çiçek tablası, yaprak, gövde ve köklerde beslenmesi sonucu konukçusunun popülasyon yoğunluklarını düşürmektedir (Aslan, 1998; Aslan ve ark., 2003). Ancak genel anlamda doğada faydalı olan birçok böcek türü tarım alanlarında ekonomik düzeyde zararlara da neden olabilmektedir. Bu nedenle Chrysomelidae familyasına mensup olup üretim alanlarında ciddi ekonomik zararlara neden olan türler de bulunmaktadır. Bu nedenle doğada bulunan biyolojik ajanların konukçu test çalışmalarının yapılması ve monofag türlerin doğal düşman olarak kullanılması tarım ekosistemi açısından oldukça önemlidir.

Küresel Düzeyde Yaprak Böcekleri Kullanılarak Başarı Elde Edilen Bazı Biyolojik Mücadele Çalışmaları

Dünyada biyolojik mücadele çalışmalarına öncülük eden Avusturalya, Amerika, Kanada, Kuzey Afrika ve Yeni Zelanda başta olmak üzere bazı istilacı yabancı otların kontrolünde farklı böcek türlerinin doğal düşman olarak kullanılarak başarılı sonuçlar alındığı biyolojik mücadele çalışmalarının olduğu belirtilmiştir (Winston ve ark., 2023). Bu doğal kontrol ajanlarının önemli gruplarından biri de yaprak (Chrysomelidae) böcekleridir. Ancak bazı yaprak böcekleri tarım ekosisteminde kültür bitkileriyle beslenmelerinden dolayı

ekonomik zarara yol açmalarına karşın, özellikle konukçu yabancı otlara özelleşmeleri ve yoğun popülasyon oluşturabilmelerinden dolayı yabancı otlara karşı biyolojik kontrol ajanı olarak da kullanma potansiyeline sahiptirler (Jolivet ve Verma, 2002). Nitekim bu konuda yapılan çalışmalar yetersiz olmakla beraber küresel düzeyde 45 farklı istilacı yabancı ot türüne karşı 398 farklı bölgede 181 biyolojik kontrol ajanının kullanıldığı ve bu doğal biyolojik ajanların %21’ni yaprak böceklerinin oluşturduğu belirtilmiştir. (Zaitzev ve ark., 2004). Biyolojik kontrol ajanı olarak en çok kullanılan yaprak böcekleri ait oldukları alt familyalar; Alticinae, Chrysomelinae ve Galerucine ait türler oluşturmaktadır (Ireson ve ark., 1991; Forno ve ark., 1992; Volkovitsh ve ark., 2000; DeLoach ve ark., 2003; Winston ve ark., 2023). Ayrıca Altica, Aphanthia, Longitarsus ve Pseudolomopsis cinslerine ait bazı türlerin son yıllarda yabancı otların biyolojik mücadelesinde başarılı bir şekilde kullanıldığı da belirtilmiştir (Furth, 1980; Booth ve ark., 1990; Volkovitsh ve ark., 2000). Ülkemizde ise bu böcek familyalarına ait bazı yaprak böcek türlerinin yabancı otların biyolojik kontrolünde kullanma olanakları araştırılmıştır (Aslan ve ark., 2003; 2004).

Küresel düzeyde istilacı yabancı otların biyolojik mücadelesinde yaprak böcekleri kullanılarak başarı elde ettikleri bazı çalışmalarını aşağıda özetlenmiştir.

1. *Cirsium arvense* (L.) Scop. (Asteraceae) ’nin Chrysomelidae familyasına ait böceklerle kontrolü

Cirsium arvense Avrasya kökenli çok yıllık istilacı bir bitkidir. Genel anlamda ılıman iklim bitkisi olsa da bugün dünyanın birçok bölgesine yayılmış kozmopolit bir tür olarak değerlendirilmektedir. Ancak bitkinin istilacı olma sebebiyle tarım ve tarım dışı alanlarda en tehlikeli yabancı otlardan biridir (Cripps ve ark., 2010). Bitki hem generatif hem de

vejetatif olarak çoğalsa da genel anlamda çok yıllık yabancı otlar vejetatif olarak çoğalıp ve yayılmaktadır (Önen, 2021d). Bu nedenle taşındıkları ortamlarda kısa süre içinde popülasyon oluşturarak yerli vejetasyonu



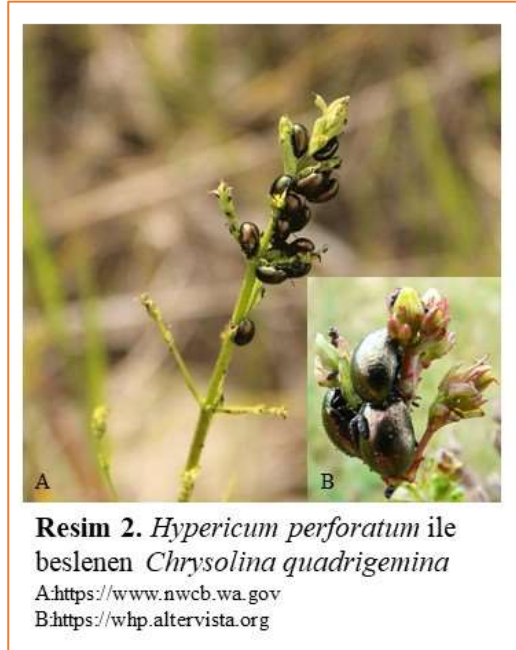
Resim 1: *Cirsium arvense* (L.) Scop. ile beslenen *Cassida rubiginosa*
<https://entomologytoday.org>

baskılabilmektedir (Özer ve ark., 1996). Nitekim uygulanan mekanik mücadele uygulamaları istenilen başarı elde edilmediği gibi bazen tarla içerisinde daha fazla yayılmasına da neden olmaktadır (Önen, 2021d). Ayrıca kimyasal mücadele ile kısmen başarı elde edilse de her zaman tam olarak kontrol altına alınmamaktadır. Bu nedenle çok yıllık yabancı otlar mekanik mücadele ile kontrol edilmediği gibi sadece herbisit kullanılmasıyla da kontrol altına alması oldukça güçtür (Sırrı ve Özasan, 2022). Dolayısıyla *C. arvense* gibi çok yıllık yabancı otların kontrolünde biyolojik mücadele dahil olmak üzere farklı mücadele uygulamalarının yer aldığı entegre yabancı ot mücadele stratejisi benimsenmesi oldukça önemlidir (Özer ve ark., 1996; Özer ve ark., 2001). Yeni Zelanda'da *C. arvense*'nin biyolojik kontrolüne yönelik klasik yöntem ile 5 farklı doğal düşman ajanı salınımı gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan doğal ajanlardan *Altica carduorum* Guér., *Hadroplontus litura* (F.), *Lema cyanella* (L.) ve *Urophora cardui* (L.) türlerinin tam takibi yapılmadığından konukçu bitki üzerindeki etkisi hakkında net bilgiye ulaşılmamıştır (Julien and Griffiths, 1998). Ancak 2007 yılında aynı yöntemle mera alanlarına bırakılan *Casidia rubiginosa* türünün *C. arvensis* üzerinde farklı biyolojik dönemlerde beslenmesi sonucu

konukçusunun popülasyon yoğunluğunu baskılandığı belirtilmiştir (Cripps ve ark., 2010; Cripps ve ark., 2011).

2. *Hypericum perforatum* L. (Hypericaceae) 'nin Chrysomelidae böceklerle kontrolü

H. perforatum, Avrupa ve Asya'nın ılıman bölgelerine özgü olsada, kozmopolit istilacı bir yabancı ot olarak dünya genelinde özellikle ılıman bölgelere yayılmış durumdadır. İlk olarak 1945'te Güney Afrika'nın Güneybatının Burnu bölgesinde istilacı yabancı ot olarak tespit edilmiştir. Başarısız bir kimyasal



mücadele programının ardından, yaprak besleyen bir böcek olan *Chrysolina quadrigemina* Suffrain türü 1960 yılında biyolojik ajan olarak doğaya bırakılmış ve *H. perforatum* popülasyon yoğunluğunu büyük oranda baskılandığını belirtilmiştir (Gordon ve Kluge, 1991). Ayrıca Kuzeybatı Amerika'da *C. quadrigemina* ile beraber *C. hyperici*, *C. varians*, *C. brunsvicensis* ve *Agrilus hyperici* türlerinde biyokontrol ajanları olarak kullanıldığı rapor edilmiştir (Harman ve ark., 1996; Groenteman ve ark., 2010; Harper, 2010; Anonim, 2023).

Tarımsal ekosistem açısından önemli olan bazı istilacı yabancı otlar ve biyolojik mücadelesinde kullanılan yaprak böcekleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Küresel düzeyde önemli bazı yabancı otlara karşı Chrysomelidae türleri kullanımıyla başarı elde eden biyolojik mücadele uygulamaları

Yabancı ot	Familiya	Biyolojik ajan	Bölge	Kaynakça
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Amaranthaceae	<i>Disonycha glabrata</i> (Fabricius)	Amerika	Balsbaugh ve ark., 1981
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Asteraceae	<i>Zygogramma suturalis</i> (Fabricius), <i>Z. disrupta</i> (Rogers), <i>Z. bicolorata</i> (Pallister), <i>Ophraella communa</i> LeSage	Avrupa, Asya, Avustralya	Igrc ve ark., 1995; Yamazaki ve ark., 2000; Yamanaka ve ark., 2007; Reznik, 2009
<i>Cirsium arvense</i> L.	Asteraceae	<i>Altica carduorum</i> , <i>Lema cyanella</i> , <i>Cassida rubiginosa</i>	Kanada. Amerika. Yeni Zelanda, Galler, İngiltere	Harman ve ark., 1996; McClay ve ark., 2002; Cripps ve ark., 2010; Cripps ve ark., 2011
<i>Carduus nutans</i> L.	Asteraceae	<i>Psylliodes chalconera</i>	Amerika	Gassmann ve Kok, 2002; Piper ve Coombs, 2004; De Biase ve ark., 2019
<i>Xanthium strumarium</i> L.	Asteraceae	<i>Ophraella communa</i> LeSage	Japonya	Yamazaki ve ark., 2000; Dernovici ve ark., 2006; Yamanakave ark., 2007
<i>Echium plantagineum</i> L.	Boraginaceae	<i>Longitarsus aeneus</i> Kutschera. L. <i>echii</i> (Koch)	Avustralya	Piggin ve Sheppard, 1995; Sheppard ve Smyth, 2012

<i>Heliotropium europaeum</i> L.	Boraginaceae	<i>Langitarsus albineus</i> (Foudras)	Avustralya	Delfosse ve ark., 1995; Sheppard ve ark., 2012
<i>Cynoglossum officinale</i> L.	Boraginaceae	<i>Longitarsus quadriguttatus</i> (Pontoppidan)	Kanada	Jordan, 1997; De Clerck-Floate ve Cárcamo. 2011; De Clerck-Floate, 2013
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	Caryophyllaceae	<i>Cassida azuea</i> Fabricius	Kanada	Peschken ve ark., 2002; De Clerck-Floate and Cárcamo. 2011)
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	<i>Deloyala guttata</i> (Olivier), <i>Charidotella purpurata</i> (Boheman), <i>C. sexpunctata bicolor</i> (Fabricius) <i>Chelymorpha cassidea</i> (Fabricius)	Kanada	Maw, 1984; Riley, 1986; LeSage, 1991; Anonim. 2012
<i>Calystegia sepium</i> (L.) R.Br.	Convolvulaceae	<i>Deloyala guttata</i> (Olivier), <i>Charidotella sexpunctata bicolor</i> (Fabricius)	Kanada	Maw. 1984; Riley, 1986; Anonim. 2012
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Ericaceae	<i>Lochmaea suturalis</i> (Thomson)	Yeni Zelanda	Syrett ve ark., 2000; Peterson ve ark., 2004
<i>Euphorbia cyparissias</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Aphthona cyparissiae</i> (Koch), <i>A. flava</i> , <i>A. nigriscutis</i> , <i>A. czwalinai</i>	Kanada, Amerika	Gassmann and Schroeder, 1995; Faubert ve Casagrande, 2002

<i>Euphorbia esula</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Apthona cyparissiae</i> (Koch), <i>A. flava</i> , <i>A. nigriscutis</i> , <i>A. czwalinai</i> , <i>A. lacertosa</i> , <i>A. abdominalis</i>	Kanada, Amerika	Bourchier ve ark., 2002; De Clerck-Floate andCárcamo. 2011
<i>Prosopis</i> spp.	Fabaceae	<i>Algorobius prosopis</i> (Le Conte), <i>A. bottimeri</i> Kingsolver, <i>Neltumius arizonensis</i> (Schaeffer)	Avustralya , Mısır, Sudi Arabistan, Yemen, Güney Afrika	van Klinken, 2012
<i>Hypericum perforatum</i> L.	Hypericaceae	<i>Chrysolina varians</i> (Schaller), <i>C. hyperici</i> , <i>C. brunsvicensis</i> , <i>C. quadrigemina</i>	Avustralya , Arjantin, Çin, Kanada, Güney Afrika, Kuzey Amerika, Yeni Zelanda	Harman ve ark., 1996; Groenteman ve ark., 2010; Briese ve Cullen, 2012
<i>Lythrum salicaria</i> L.	Lythraceae	<i>Galerucella calmariensis</i> (Linnaeus), <i>G. pusilla</i> (Duftschmid)	Kanada, Amerika	Manguin ve ark., 1993; Corrigan ve ark., 2013; St. Louis ve ark., 2020
<i>Ludwigia adscendens</i> (L.) H.Hara	Onagraceae	<i>Altica foveicollis</i> (Jacob y)	Tayland	Napompeth, 1997
<i>Rumex obtusifolius</i> L.	Polygonaceae	<i>Gastrophysa atrocyanea</i> Motschulsky	Japonya. Güney Kore	(Miyazaki ve Naito, 1981; Grossrieder, ve Keary, 2004)
<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae	<i>Octotoma gundlachi</i> Suffrain, <i>O. scabripennis</i> , <i>O. chamoioni</i> , <i>Longitarsus bethae</i> savini &Escalona,	Avustralya , Kuzey Afrika, Tanzania, Amerika, Etiyopiya, Hindistan, Gana,	Day ve ark., 2003; Baars ve Heystek, 2003; Urban ve ark., 2011

		<i>Alagoasa parana</i> Samuelson, <i>Uroplata girardi</i> Pic, U. <i>Fulvopustulata</i> , <i>U. lantanae</i> , <i>Charidotis</i> <i>pygmaea</i> Klug,	Uganda, Yeni Zelanda,	
<i>Chrysanthem</i> <i>oides</i> <i>monilifera</i> (L.) Norl. <i>subsp.</i> <i>monilifera</i>	Asteraceae	<i>Chrysolina</i> <i>fasciata</i> (DeGeer), C. <i>scotti</i> Daccordi		Downey ve ark., 2007; Adair ve ark., 2012

Türkiye’de Yabancı Otlar Üzerinde Tespit Edilen Bazı Yaprak Böcekleri ve Konukçuları

Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum nedeniyle bir geçiş kuşağında yer alması ve farklı ekolojik özellikleri nedeniyle önemli bir habitat alanı olduğundan flora ve faunasında zengin bir tür çeşitliliği barındırmaktadır (Sırrı ve Sırrı, 2020). Nitekim bitki tür sayısı bakımından Avrupa kıtasıyla kıyaslanacak kadar bitki tür sayısına sahip olduğu gibi faunasındaki canlı çeşitliliği (böcek vb) de bir o kadar zengin olduğu bilinmektedir (Önen ve Özcan, 2010). Bu canlı çeşitliliğin için de ekolojik öneme sahip ve biyolojik mücadelede kullanılabilir faydalı türlerin de (doğal düşman) bulunma olasılığının yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Ancak ülkemizde biyolojik mücadele çalışmaları çok eskiye dayansa bile yabancı otların mücadelesinde bugüne kadar uygulanmış bir çalışma bulunmamaktadır. Genel olarak biyolojik mücadele çalışmaları yabancı otlar üzerinde bulunan doğal düşmanların tespitine yönelik çalışmalar olarak yürütülmüştür (Aslan ve ark., 2003; 2004). Ancak son yıllarda laboratuvar ve tarla denemeleri şeklinde uygulamaya yönelik çalışmalar da yürütülmüştür (Lodos, 1971; Giray ve Nemli, 1983; Önder ve Karsavuran, 1986; Sözer, 1994; Aslan ve Özbek, 1999a; Uygur ve ark., 2012).

Ekosistemde biyolojik ajanların tespitine yönelik sürvey çalışmaları biyolojik mücadelenin ilk adımını oluştursa da devamı olan laboratuvar ve saha çalışmaları ile desteklenerek yürütülmesi yabancı otların biyolojik mücadelesi açısından elzem bir durumdur (Sırrı ve Özaslan, 2022). Bu nedenle doğal ve tarım ekosisteminde doğal düşmanların tespitine yönelik sürvey çalışmaları yaygınlaştırması ve ardında laboratuvar ve saha çalışmaları geçilmesi biyolojik mücadele çalışmaları geleceği açısından oldukça önemli olmaktadır. Zira tarımsal üretimde meydana getirdiği zararlar nedeniyle önemli bir familya olan Asteraceae familyasına ait *Centaurea behen* L. mücadelesinde potansiyel doğal düşman olan *Cassida persica* Spaeth, 1926 (Ostovan ve Moradian, 2018) türün dağılım alanları İran, Irak ve Türkiye olmasına rağmen ülkemizdeki ilk tespiti kesin olmamakla beraber Amasya olduğu bilinse de dağılım alanları ve konukçuları tam olarak bilinmediği belirtilmiştir (Özdikmen ve Oral Şahin, 2021). Bu nedenle yabancı otların biyolojik mücadelesinde konukçu yabancı ot türü ve üzerinde beslenen doğal düşmanların tespit ve dağılım alanlarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu amaçla ülkemizin farklı bölgelerinde konukçu yabancı otlar ve üzerinde tespit edilen yaprak böceklerine ait çalışmalar araştırılmış, cins veya tür düzeyinde konukçusu belli olan yabancı ot türleri değerlendirilmiştir. Bu araştırma sonucunda 23 familya ait toplam 84 yabancı ot türü üzerinde farklı biyolojik dönemleri (larva, ergin) geçiren 109 yaprak böceği belirlenmiştir. Bu doğal ajanların konukçusu olan yabancı otların özellikle yaprak ve çiçeklerinde olmak üzere farklı kısımlarda beslenerek bitki gelişimi baskılanmakta veya yer yer kurumalara neden olmaktadır. Araştırmada belirlenen yaprak böceklerinde 42 tür birden fazla yabancı ot türü üzerinde tespit edilirken, 67'si ise tek konukçu olan yabancı otlar üzerinde tespit edilmiştir (Çizelge 2). Nitekim küresel düzeyde yabancı otların biyolojik mücadelesinde kullanılan *Altica carduorum* Guérin, 1858, *Cassida rubiginosa* Mueller, *Aphthona flava* Guill., *A. nigriscutis* Foudras, *Chrysolina hyperici* (Forster), *Galerucella calabriensis*

(L.) ve *G. pusilla* (Duft.) dahil 7 türün ülkemizde yayılım gösterdiği belirtilmiştir (Kısmalı ve Sassi, 1994; Aslan ve Özbek, 1999a; Ekiz, 2008; Turantepe, 2017).

Bazı yabancı otların biyolojik mücadelesinde potansiyel öneme sahip yaprak böcekleri ve konukçuları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

1. *Hypericum perforatum* L. (Hypericaceae) yaprak böceklerle kontrolü

Türkiye'nin doğal ekosisteminde bulunan ve 49'u endemik tür olmak üzere toplam 119 *Hypericum* cinsine ait bitki taksonunu yayılımı olduğu belirtilmiştir (Güner ve ark., 2012). Genel olarak *Hypericum* türleri farklı alanlarda



kullanılsa da *H. perforatum* gibi dünyanın farklı ülkelerinde istilacı yabancı ot olarak değerlendirilmekte ve girdiği ekosistemlerde istilalara neden olduğu belirtilmiştir (Gordon ve Kluge, 1991). *H. perforatum* türü ülkemizin hemen hemen tüm bölgelerine yayılmış durumdadır. Aslan ve Özbek (2003) yılında yabancı otlar üzerinde beslenen yaprak böcekleri ve konukçu dizisine yönelik çalışmasında *H. perforatum* üzerinde tespit edilen *Chrysolina hyperici* (Forster) türüne ait ergin ve larvaların konukçu üzerinde aşırı beslenmesi sonucunda yer yer yaprak ve çiçeklerin tamamen kurudukları ve bitki popülasyonunu baskıladığı

belirtilmiştir. Nitekim *H. perforatum* biyolojik mücadelesine yönelik küresel düzeyde yapılan biyolojik mücadele çalışmalarından da *Chrysolina* cinsine ait farklı yaprak böceklerinin beslenmesi sonucu popülasyon yoğunluğunu azalttığı belirtilmiştir (Harman ve ark., 1996; Groenteman ve ark., 2010; Briese ve Cullen, 2012).

2. *Lepidium draba* L. (Brassicaceae) yaprak böceklerle kontrolü

Orijini Güneybatı ve Orta Asya olan *L. draba*'nın Avrupa'da doğallaşmış çok yıllık bir bitkidir. Her türlü toprak ve habitatta yetişebilen istilacı bir yabancı ot olarak kabul edilmektedir. *L. draba*'nın biyolojik kontrolüne yönelik Avrupa ve Batı Amerika'da yapılan bazı çalışmalarda kullanılan doğal düşmanlardan en etkili türlerden biri Chrysomelidae familyasına ait *Psylliodes wrasei* türünün olduğu belirtilmiştir (Cripps et al., 2006; Hinz et al., 2008; Talmaciu ve ark., 2010). Türkiye'de *L. draba*'nın potansiyel doğal düşmanı olarak *P. wrasei*'nin ilgili ilk kayıt Leonardi ve Arnold (1995) tarafında yapılmıştır. Böceğin ana konukçusu olarak çeşitli habitatlarda ve birçok tarımsal ekosistemde sorunlu bir yabancı ot olan *L. draba* olarak belirtilmiştir. Daha sonra Aslan ve ark., 2014 tarafında Bafa gölünün kuzey kıyısında yapılan çalışmada da *P. wrasei*'nin konukçu bitki olarak *L. draba*'nın üzerinde beslendiği ve ciddi zararlar oluşturduğu rapor edilmiştir.

Çizelge 2. Konukçu yabancı otlar ve üzerinde beslenen yaprak böcekleri

Yabancı ot	Biyolojik ajan	Kaynakça
Amaranthaceae		
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	<i>Chaetocnema tibialis</i> (Ill.)	Aslan ve ark., 2003; Aslan ve Alkan, 2015
<i>Atriplex</i> sp.	<i>Chaetocnema tibialis</i> (Ill.)	Kısmalı, 1973; Aslan ve Özbek 1999a; Aslan ve ark., 2003
<i>Chenopodium album</i> L.	<i>Chaetocnema tibialis</i> (Ill.), <i>Cassida nebulosa</i> L. <i>C. nobilis</i> L., <i>C. rubiginosa</i> Mueller, <i>C. seraphina</i> Menetries	Cerman, 1985; Kısmalı and Sassi, 1994; Aslan ve Özbek, 1999a; Çam ve Atay, 2004
<i>Salsola</i> sp.	<i>Ischironota brisouti</i> (Reitter)	Kısmalı and Sassi, 1994
<i>Spinacia oleracea</i> L.	<i>Chaetocnema tibialis</i> (Ill.)	Kısmalı, 1973; Aslan ve Özbek 1999a; Aslan ve ark., 2003
Asteraceae		
<i>Achillea</i> spp.	<i>Galeruca spectabilis</i> , <i>Cassida prasina</i> Illiger, 1798,	Şen, 2012; Turantepe, 2017
<i>Artemisia</i> spp.,	<i>Chrysolina marginata</i> (L.), <i>Cryptocephalus fulvus</i> Goeze	Kasap, 1988b; Aslan ve Özbek, 1997; Aslan ve Özbek, 1999a
<i>Carduus hamulosus</i> Ehrh.	<i>Psylliodes chalconeris</i> (Ill.)	Aslan ve Özbek, 1999a
<i>Carduus nutans</i> L.	<i>Psylliodes chalconeris</i> (Ill.)	Şen, 2012
<i>Centaurea behen</i> L.	<i>Omophius caucasicus</i>	Sırrı, 2022
<i>Centaurea solstitialis</i> L.	<i>Cryptocephalus aureolus</i> Suff., <i>C. hypochoerides</i> (L.), <i>C. sericeus</i> (L.), <i>C. violaceus</i> Laicharting	Aslan ve Özbek, 1997
<i>Cirsium acaule</i> Scop.	<i>Cassida rubiginosa</i> Mueller	Aslan ve Özbek, 1999a; Kısmalı and Sassi, 1994
<i>Cirsium oleraceum</i>	<i>Altica carduorum</i> Guérin, 1858	Turantepe, 2017
<i>Cirsium</i> spp.	<i>Di cladispa testacea</i> (L.), <i>Captocephala gebleri</i> (Gebler). <i>Cassida vibex</i>	Kısmalı, 1989; Aslan ve Özbek, 1998; Şen, 2012
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	<i>Smaragdina limbata</i> (Steven), <i>Captocephala unifasciata</i> (Scop.)	Aydın ve Kısmalı, 1990; Aslan ve Özbek, 1998
<i>Matricaria</i> spp.	<i>Cassida hexastigma</i> Suffiran. <i>Chrysolina marginata</i> (L.)	Kasap, 1988b; Kısmalı and Sassi, 1994; Aslan ve Özbek, 1999a

<i>Petasites hybridus</i> (L.) G.Gaertn., B.Mey. & Scherb.	<i>Chrysolina adzharica</i> Lopatin, 1988	Turantepe, 2018
<i>Senecio jacobaea</i> L., <i>S. vulgaris</i> L.	<i>Longitarsus jacobaeae</i> (Wat.)	Aslan ve Özbek, 1999a
<i>Tripleurospermum callosum</i> (Boiss. & Heldr.) E.Hossain	<i>Cassida rufovirens</i>	Şen, 2012
Boraginaceae		
<i>Anchusa italica</i> Retz.	<i>Longitarsus anchusa</i> (Paykull), <i>L. linnaei</i> (Duft.)	Aslan ve Özbek, 1999a
<i>Anchusa limbata</i> Boiss. & Heldr. A. <i>undulata</i> L.	<i>Longitarsus anchusae</i> (Paykull, 1799), <i>L. aeneicollis</i>	Şen, 2012; Aslan ve Alkan, 2015
<i>Anchusa orientalis</i> (L.)	<i>Longitarsus exoletus</i> (L.), <i>L. rufulus</i> (Foudras)	Aslan ve Özbek, 1999a
Brassicaceae		
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.	<i>Chrysolina americana</i> (L.), <i>Phyllotreta crucifera</i> Goeze	Kısmalı, 1973
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	<i>Psylliodes cuprea</i> (Koch, 1803), <i>Phyllotreta atra</i> (Fabricius, 1775)	Aslan ve Alkan, 2015
<i>Cardamine impatiens</i> L.	<i>Phaedon cochleariae</i> Fab., <i>Prasocuris junci</i> (Brahm)	Kasap, 1988a
<i>Cardaria draba</i> (L.)	<i>Labidostomis beckeri</i> Wse., <i>Phyllotreta atra</i> (Fabricius, 1775), <i>P. erysimi</i> Weise, 1900, <i>P. maculicornis</i> Pic, 1906, <i>P. nigripes</i> (Fabricius, 1775), <i>P. variipennis</i> (Boieldieu, 1859), <i>P. vittula</i> (Redtenbacher, 1849)	Aslan ve Özbek, 1998; Aslan ve Alkan, 2015
<i>Crambe orientalis</i> L.	<i>Psylliodes sophia</i> (Heikertinger)	Aslan ve Özbek, 1999a
<i>Descurainia</i> sp.	<i>Colaphellus sophia</i> Schaller	Kasap, 1988a; Kısmalı ve Madanlar, 1990; Aslan ve Özbek, 1999a
<i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC.	<i>Phyllotreta variipennis</i> (Boieldieu, 1859), <i>P. corrugata</i> Reiche, 1858	Aslan ve Alkan, 2015
<i>Lepidium draba</i> L.	<i>Psylliodes wrasei</i> Leonardi and Arnold, 1995	Aslan ve ark., 2014
<i>Lopidium califolium</i>	<i>Entomoscelis adonidis</i> (Pallas, 1771)	Kasap, 1988a
<i>Lopidium latifolium</i> L.	<i>Smaragdina biornata</i> (Lef.), <i>Colaphellus sophia</i> Schaller	Kasap, 1987a; Aslan ve Özbek, 1998

<i>Nasturtium officinale</i> L.	<i>Phaedon cochleariae</i>	Çam ve Atay, 2004
<i>Neslia apiculata</i> Fischer,	<i>Entomoscelis adonidis</i> (Pall.)	Kasap, 1988a; Aslan ve Özbek, 1999b
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	<i>Chaetocnema tibialis</i> (Ill.), <i>Phyllotreta crucifera</i> Goeze	Kısmalı, 1973
<i>Sinapis arvensis</i> L.	<i>Enromoscelis adonidis</i> (Pall.), <i>Chaetocnema tibialis</i> (Ill.), <i>Colaphellus sophia</i> Schaller, <i>Cassida fausti</i> Spaeth and Reitter	Kısmalı, 1973; Kasap, 1988a; Kısmalı ve Madanlar, 1990; Kısmalı and Sassi, 1994; Aslan ve Özbek, 1999a; Aslan et al., 2003; Çam ve Atay, 2004
<i>Sisymbrium</i> sp.	<i>Entomoscelis adonidis</i> (Pall.), <i>Colaphellus sophia</i> Schaller	Kasap, 1988a; Aslan ve Özbek, 1999b
Convolvulaceae		
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	<i>Cassida fausti</i> Spaeth and Reitter, <i>C. nobilis</i> L., <i>C. subferruginae</i> Schrank, <i>Hypocassida subferruginea</i> Schrank	Cerman, 1985; Kısmalı and Sassi, 1994; Aslan ve Özbek, 1999a; Şen. 2012; Sırrı ve Özasan. 2022
Cucurbitaceae		
<i>Bryonia alba</i> L.	<i>Crioceris duodecimpunctata</i>	Çam ve Atay, 2004
Euphorbiaceae		
<i>Euphorbia chamaesyce</i> L.	<i>Aphthona flava</i> Guill., A. <i>nigriscutis</i> Foudras	Aslan ve Özbek, 1999a
<i>Euphorbia</i> spp.	<i>Clytra valerianae</i> Menetries, <i>Aphthona pygmaea</i> (Kutschera, 1861). A. <i>warchalowskii</i> Fritzlar, 2001	Kasap, 1987a; Aslan ve Özbek, 1999b; Aslan ve Alkan, 2015
<i>Euphorbia arvalis</i> Boiss. & Heldr.	<i>Aphthona nigriceps</i>	Şen. 2012
<i>Euphorbia falcata</i> L.	<i>Aphthona flaviceps</i> , A. <i>pygmaea</i>	Şen. 2012
Fabaceae		
<i>Coronilla rostrata</i> Boiss	<i>Chrysolina herbacea</i> (Duft.)	Kasap, 1988b; Aslan ve Özbek, 1999a
<i>Trifolium</i> sp.	<i>Chrysolina sexpunctata</i> Pan.	Kasap, 1988b
<i>Vicia sativa</i> L.	<i>Chrysolina sexpunctata</i> Pan.	Kasap, 1988b
Geraniaceae		
<i>Geranium dissectum</i> L.	<i>Altica oleracea</i> (L.)	Çam ve Atay, 2004
Hypericaceae		
<i>Hypericum perforatum</i> L.	<i>Chrysolina hyperici</i> (Forster)	Aslan ve Özbek, 1999a

<i>Hypericum</i> sp.	<i>Cryptocephalus moarei</i> (L.)	Aslan ve Özbek, 1997
<i>Hypericum triquetrifolium</i> Tura.	<i>Chrysolina didymata</i> (Scriba)	Alptekin, 1974; Kasap, 1988b
Lamiaceae		
<i>Marrubium globosum</i> Montbet & Aucher ex Bentham	<i>Longitarsus ballotae</i> (Marsham, 1802)	Aslan ve Alkan, 2015
<i>Mentha longifolia</i> (L.) L.	<i>Dibolia occultans</i> (Koch), <i>Chrysolina menthastri</i> (Suffr.)	Kısmalı, 1973; Aslan ve Özbek, 1999a
<i>Mentha longifolia</i> (L.) L.	<i>Cassida viridis</i> Linnaeus, 1758, <i>Chrysolina coeruleans angelica</i> (Reich and Saulcy 1858)	Turantepe, 2017
<i>Mentha piperita</i> L.	<i>Chrysolina menthastri</i> (Suffr.)	Kısmalı, 1973
<i>Mentha pulegium</i> L.	<i>Chrysolina coeruleans</i> (Scriba), <i>C. gypsophilae</i> (Kuester)	Kasap, 1988b
<i>Mentha pulegium</i> L.	<i>Cassida bella</i> Falderman, 1837	Turantepe, 2017
<i>Mentha spicata</i> L.	<i>Chrysolina herbacea</i> (Duft.), <i>C. modesta coeruleans</i> (Scriba); <i>C. polita</i> (Linnaeus, 1758)	Çam ve Atay, 2004; Şen, 2012
<i>Mentha</i> spp.	<i>Chrysolina herbacea</i> (Duft.), <i>C. modesta coeruleans</i> (Scriba); <i>C. polita</i> (Linnaeus, 1758)	Kasap, 1988b; Aslan ve Özbek, 1999a; Aslan ve Özbek, 1999b; Turantepe, 2017
<i>Origanum onites</i> L.	<i>Longitarsus alfierii</i> Pic, 1923, <i>L. luridus</i> (Scopoli, 1763)	Aslan ve Alkan, 2015
<i>Phlomis armeniaca</i> Willd	<i>Longitarsus karlheinzi</i> Warchalowski, 1972	Aslan ve Alkan, 2015
Lythraceae		
<i>Lythrum salicaria</i> L.	<i>Galerucella calabriensis</i> (L.), <i>G. pusilla</i> (Duft.)	Aslan ve Özbek, 1999a; Ekiz, 2008
Malvaceae		
<i>Malva sylvestris</i> L.	<i>Podagricon malvae</i> (Ill.)	Kısmalı ve Madanlar, 1990; Aslan ve Özbek, 1999a
Onagraceae		
<i>Epilobium angustifolium</i> L.	<i>Altica anycensis</i> (Wse.)	Aslan ve Özbek, 1999a
<i>Epilobium hirsutum</i> L.	<i>Altica lythri</i>	Şen, 2012

Papaveraceae		
<i>Glaucium corniculatum</i> (L.)	<i>Chrysolina gypsophilae</i> (Kuester), <i>Clytra novempunctata</i> Oliver	Kasap, 1987a; Kasap, 1988b
<i>Glaucium flavum</i> Crantz.	<i>Entomoscelis sacra</i> (L.)	Kısmalı ve Madanlar, 1990
Plantaginaceae		
<i>Plantago lanceolata</i> L., <i>P. major</i> L.	<i>Longitarsus lycopi</i> (Foudras), <i>L. scutellaris</i> (Rey.)	Aslan ve Özbek, 1999a
Polygonaceae		
<i>Polygonum convolvulus</i> L.	<i>Clytra novempunctata</i> Oliv.	Çam ve Atay, 2004
<i>Polygonum</i> spp.	<i>Gastrophysa polygoni</i> (L.), <i>G. viridula</i> (DG.)	Kasap, 1988a; Kısmalı ve Madanlar, 1990; Aslan ve Özbek, 1999a
<i>Rumex acetosella</i> L.	<i>Labidostomis mesopotamica</i> Heyden	Aydın ve Kısmalı, 1990; Aslan ve Özbek, 1998
<i>Rumex alpinus</i> L.	<i>Gastrophysa viridula</i> (Degeer, 1775)	Turantepe, 2017
<i>Rumex</i> spp.	<i>Gastrophysa polygoni</i> (L.), <i>G. viridula</i> (DG.), <i>Smaragdina xanthaspis</i> (Germar), <i>Chrysolina herbacea</i> (Duft.)	Kısmalı ve Madanlar, 1990; Aslan ve Özbek, 1998; Aslan ve Özbek, 1999a; Çam ve Atay, 2004; Şen, 2012
Portulacaceae		
<i>Portulaca oleracea</i> L.	<i>Chaetocnema tibialis</i> (Illiger, 1807)	Kısmalı, 1973; Aslan ve Özbek 1999a; Aslan ve ark., 2003; Aslan ve Alkan, 2015
Ranunculaceae		
<i>Adonis aestivalis</i> L.	<i>Entomoscelis adonidis</i> (Pall.), <i>Smaragdina biornata</i> (Lef.)	Kasap, 1987a; Kasap, 1988a; Aslan ve Özbek, 1998; Aslan ve Özbek, 1999b
<i>Ranunculus constantinopolitanus</i> (DC.)	<i>Labidostomis propinqua</i> Faldermann	Kasap, 1987b; Aslan ve Özbek, 1998
<i>Ranunculus diversifolius</i> Boiss. & Kotschy	<i>Hydrothassa anatolica</i>	Sırrı, 2022
<i>Ranunculus</i> spp.	<i>Phaedon pyritosus</i> (Rossi), <i>Smaragdina biornata</i> (Lef.)	Kasap, 1987a; Kasap, 1988a; Aslan ve Özbek, 1998

Rosaceae		
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	<i>Altica oleracea</i> (L.)	Çam ve Atay, 2004
Scrophulariaceae		
<i>Verbascum</i> spp.	<i>Longitarsus gracilis</i> Kutschera, 1864, <i>L. succineus</i> (Foudras, 1860), <i>L. foudrasi</i> Weise, 1893, <i>Hispa atra</i> (L.), <i>Clytra novempunctata</i> Oliver, <i>Entomoscelis adonidis</i> (Pall.)	Kasap, 1988a; Kısımalı, 1989; Aydın ve Kısımalı, 1990; Aslan ve Özbek, 1999b; Aslan ve Alkan, 2015
Solanaecae		
<i>Hyoscyamus niger</i> L.	<i>Epitrix caucasica</i> (Heikertinger), <i>Psylliodes</i> <i>hyoscyami</i> (L.), <i>Leptinotarsa</i> <i>decemlineata</i> (Say.)	Kasap, 1988b; Aslan ve Özbek, 1999a
<i>Solanum dulcamara</i> L.	<i>Epitrix intermedia</i> Foudras, E. <i>pubescens</i> (Koch)	Aslan ve Özbek, 1999a
Urticaceae		
<i>Urtica urens</i> L.	<i>Phyllotreta crucifera</i> Goeze	Kısımalı, 1973

Doğal ekosistemin korunması ve sürdürülebilirliği açısından önemli bir faktör olan biyolojik çeşitlilik, tarımsal ekosistem yönüyle de önemli bir kaynaktır. Nitekim atmosferik olayların düzenlenmesi, toprak verimliliğinin artırılması ve bitkisel üretimde verim ve kalitenin sürdürülebilirliği biyolojik çeşitlilik ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Önen ve Özcan, 2010). Ancak ekosistem üzerinde artan insan baskısı, ekolojik bozulmalarını hızlandırmış, günümüzün en önemli sorunlarından biri olan küresel iklim değişikliği ile karşı karşıya getirilmiştir. Ayrıca tarım ekosistemi iklim değişikliği krizi ile beraber ortaya çıkan sorunlar, üretimde daha yüksek ürün almak için daha fazla kimyasal girdi kullanımına yönelmiş, bu durum doğal ve tarım ekosisteminde daha büyük tahribatların oluşmasına neden olmuştur.

Nitekim tarımsal üretimde önemli verim düşüşlerine neden olan bitki koruma etmenlerinden biri de yabancı otlardır (Özer ve ark., 2001). Son yıllarda artan ekolojik bozulma ve iklim değişikliği ile beraber daha da yaygınlaşmaya başlayan istilacı yabancı otların dünya genelinde tarımsal üretimi etkileyen en

önemli sorunların başında gelmektedir (Önen, 2015). Ancak yabancı otlarla mücadelede farklı teknikler kullanılsa da genellikle artan işgücü ve maliyetler nedeniyle üreticiler daha çok kimyasal uygulamalara yönelmekte, bu durum aşırı ve bilinçsiz herbisit kullanımıyla yabancı otlarda dayanıklılık, kalıntı ve diğer çevresel sorunların ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle tarımsal üretimin sürdürülebilirliği yanı sıra çevre ve insan sağlığını korumak adına başta yabancı otlar olmak üzere bitki koruma etmenleri ile mücadelede çevre dostu uygulamaların benimsenmesi gerekmektedir.

Ülkemizin zengin biyolojik çeşitliliği içerisinde tarım ekosisteminde hastalık, zararlı ve yabancı otların kontrolünde potansiyeli yüksek çok farklı doğal biyolojik ajanlar da bulunmaktadır. Ancak bu güne kadar yabancı otlarla mücadele de herhangi bir doğal düşman uygulaması yapılmamıştır. Nitekim dünyanın farklı bölgelerinde yabancı otlarla biyolojik mücadelede kullanılan ve ülkemizde de yayılım olan birçok biyolojik ajanın olduğu bilinmektedir. Zira ülkemizde yürütülen çalışmaların genel olarak tespit ve yoğunlukların belirlenmesi şeklinde yürütülmüştür. Bu nedenle ülkemizde yabancı otlar dahil olmak üzere bitki koruma etmenleriyle biyolojik mücadele uygulamalarına daha fazla yönelmesi, bu amaçla daha fazla araştırma ve uygulama aşamalarına geçilmesi için alt yapı geliştirme çalışmalarına daha fazla destek ve kaynak ayırması gerekmektedir. Bu çalışma, ülkemizde yabancı otlarla biyolojik mücadelede potansiyeli olabilecek yaprak böceklerine dikkat çekmek amacıyla hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Adair, R.J., Morley, T. Morin, L. (2012). *Chrysanthemoides monilifera* (L.) T. Norl. - bitou bush and boneseed. In M. Julien, R. McFadyen, and J. Cullen, Eds. Biological Control of Weeds in Australia. CSIRO Publishing, Melbourne. pp. 170-183.
- Alptekin, H. (1974). Denizli İlinde *Hypericum* türlerinin Yayılışı, Taksonomisi ve Biyolojisi Üzerinde Araştırmalar. Gıda-Tarım ve Hay. Bak. Zir. Müc. Gn. Müd. Arş. Es. Ser., 65s.
- Anonim. (2012). (Biocontrol Agents and Host Plants in British Columbia) In Invasive Plants with Biocontrol. British Columbia Ministry of Forests, Lands, and Natural Resource Operations, <http://www.for.gov.bc.ca/hra/plants/biocontrol/bcmatrix.htm>. 1 September 2012.
- Anonim. (2023). Weed Science Society of America (WSSA). <https://wssa.net/wssa/weed/biological-control/> (Erişim: 15.03.2023).
- Anonim (2023). https://en.wikipedia.org/wiki/Hypericum_perforatum
- Aslan, İ., Özbek, H. (1998). Erzurum, Erzincan ve Artvin İlleri Clytrinae (Coleoptera, Chrysomelidae) Altfamilyası Türleri Üzerinde Faunistik ve Sistematik Çalışmalar. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 29(1), 58-78.
- Aslan, İ., Özbek, H. (1999). Erzurum, Erzincan ve Artvin İlleri Chrysomelinae (Coleoptera, Chrysomelidae) Alt Familyası Üzerine Faunistik ve Sistematik Bir Araştırma. Tr. J. of Zoology 23 (1999) Ek Sayı 3, 751-767.

- Aslan, İ., Özbek, H., Konstantinov, A. (2003). Flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) occurring on *Amaranthus retroflexus* L. in Erzurum province, Turkey, and their potential as biological control agents. Proceedings of the Entomological Society of Washington, 105 (2), 441-446.
- Aslan, İ., Özbek, H., Warchalowski, A. (2004). Five new records, new localities and new host plants for the Turkish flea-beetle fauna (Coleoptera, Chrysomelidae, Alticinae). Entomologica Fennica, 15, 138-141.
- Aslan, B., Bayram, F., Aslan, E.G. (2014). First record of the flea beetle *Psylliodes wrasei* Leonardi and Arnold (Chrysomelidae: Galerucinae: Alticini) in Turkey: a promising biological control agent for hoary cress, *Lepidium draba* L. (Brassicaceae). Journal of the Entomological Research Society, 16(2), 111-115.
- Aslan, E.G., Alkan, K. (2015). The Alticini (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae) fauna of Davraz Mountain (Isparta): comments on host plant and altitude preferences with two new records for Turkish fauna. Turkish Journal of Zoology, 39(3), 488-493.
- Aslan, İ., Özbek, H. (2002). Erzurum koşullarında *Cassida rubiginosa* Müller (Coleoptera: Chrysomelidae)“nın biyolojisi ve *Cirsium arvense* (L.) Scop.“nın biyolojik mücadelesinde kullanılma olanakları. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildiri Özetleri, 4-7 Eylül, Erzurum, 209-216.
- Aslan, İ., Özbek, H. (1999a). Erzurum İlinde Bazı Yabancı Otlarda Beslenerek Önemli Derecede Zarar veren Yaprak Böcekleri (Coleoptera, Chrysomelidae). Türkiye 4. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, 26-29 Ocak 1999, Adana, 75-86.

- Aslan, İ. (1998) Erzurum ili Galerucinae (Coleoptera: Chrysomelidae) altfamilyası üzerinde faunistik ve sistematik bir çalışma. Türkiye Entomoloji Dergisi, 22 (4), 285-298.
- Aslan, İ., Özbek, H. (1997). The Check-List of the Subfamily Cryptocephalinae (Coleoptera, Chrysomelidae) in Turkey. Atatürk Univ. Ziraat Fak. Derg. 28(2), 135-255.
- Atay, T., Asav, Ü., Önen, H., Kara, K. (2015). İstilacı yabancı otlarla biyolojik mücadele. Türkiye istilacı bitkiler katalogu, Editör Huseyin Onen, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, 81-118, Ankara. ISBN: 978-605-9175-05-0
- Aydın, E., Kısmalı, Ş. (1990). Ege Bölgesi Clytrinae (Coleoptera, Chrysomelidae) Altfamilyası Üzerine Faunistik Çalışmalar. Türkiye Entomoloji Dergisi, 14(1), 23-35.
- Baars, J.-R., Heystek, F. (2003). Geographical range and impact of five biocontrol agents established on *Lantana camara* in South Africa. *BioControl*, 48, 743-749.
- Baker, B. P., Green, T. A., Loker, A. J. (2019). Biological Control and Integrated Pest Management in Organic and Conventional Systems. *Biological Control*, 104095.
- Bal, N., Özdikmen, H., Kıyak, S. (2016). A new record to the genus *Pachnephorus* Chevrolat of Turkey (Chrysomelidae: Eumolpinae). *Munis Entomology & Zoology*, 11(2): 636-637.
- Balsbaugh Jr., E.U., R.D. Frye, C.G. Scholl, A.W. Anderson. 1981. Insects for weed control: status in North Dakota. *Farm Research* 40(1): 3-7.

- Bell, C.E. (2015). A Historical View of Weed Control Technology. UC Weed Science, Weed control, management, ecology, and minutia. <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=17593> (Erişim tarihi; 15.04.2023).
- Blossey, B., Notzold, R. (1995) Evolution of Increased Competitive Ability in Invasive Non indogenous Plants: a Hypothesis. *Journal of Ecology*, 83, 887-889.
- Booth, R.G., Cox, M. L., Madge, R.B. (1990). II E Guides to Insect of Importance to Man 3. Coleoptera. Cambridge University Press, 384p.UK
- Bourchier, R.S., Erb, S. McClay, A.S., Gassmann, A. (2002). *Euphorbia esula* (L.), leafy spurge and *Euphorbia cyprarissias* (L.), cypress spurge (Euphorbiaceae). In P.G. Mason and J.T. Huber, Eds. Biological Control Programmes in Canada 1981-2000. CAB International, Wallingford, U.K. pp. 346-358.
- Briese, D.T., Cullen, J.M. (2012). *Hypericum perforatum* L. -St John's wort. In M. Julien, R. McFadyen, and J. Cullen, Eds. Biological Control of Weeds in Australia. CSIRO Publishing, Melbourne. pp. 299-307.
- Cerman, Y.U. (1985). Samsun ve Çevresinde Tarla Sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.)'na Karşı Biyolojik Savaşta Esas Alınacak Fauna Tespiti. E.Ü. Zir. Fak. Bit. Kor. Böl., Bornova, 37s (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Corrigan, J., Gillespie, D.R., De Clerck-Floate, R.A., Mason, P.G. (2013). *Lythrum salicaria* L., purple loosestrife (Lythraceae). In P.G. Mason and D. Gillespie, Eds. Biological Control Programmes

- in Canada 2001-2012. Chapter 54. CABI Publishing Wallingford, U.K. pp. 363-366.
- Cripps, M.G., Hinz, H.L., Mckenney, J.L., Harmon, B.L., Merickel, F.W., Schwarzlaender, M. (2006) Comparative survey of the phytophagous arthropod faunas associated with *Lepidium draba* in Europe and the western United States, and the potential for biological weed control. *Biocontrol Science and Technology*, 16: 1007-1030.
- Cripps, M.G., Edwards, G.R., Bourdôt, G.W., Saville, D.J., Hinz, H.L., Fowler, S.V. (2010). Effects of pasture competition and specialist herbivory on the performance of *Cirsium arvense*. *Biocontrol Science and Technology*, 20(5/6), 641-656.
- Cripps, M.G., Gassmann, A., Fowler, S.V., Bourdôt, G.W., McClay, A.S., Edwards, G.R. (2011). Classical biological control of *Cirsium arvense*: lessons from the past. *Biological Control*, 57, 165-174.
- Çam, H., Atay, T. (2004). Tokat ilinde bazı yabancı otlar üzerinde beslenen yaprak böcekleri (Coleoptera, Chrysomelidae). *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 7-14.
- Day, M.D., Broughton, S., Hannan-Jones, M.A. (2003). Current distribution and status of *Lantana camara* and its biological control agents in Australia, with recommendations for further biocontrol introduction into other countries. *Biocontrol News and Information*, 24(3), 63N-76N.
- Day, M.D., Witt, A.B.R. (2019). Weed Biological Control: Challenges and Opportunities, *Weeds – Journal of Asian-Pacific Weed Science Society*, 1(2), 34-44.

- De Biase, A., Smith, L., Brunetti, M., Belvedere, S., Primerano, S., Antonini, G., La Marca, A., Audisio, P., Biondi, M., Cristofaro, M. (2019). Three prospective agents instead of one? Cryptic diversity of the biological control agent *Psylliodes chalconera*. *Biological Control*, 136, 103998. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.103998>
- De Clerck-Floate, R., Cárcamo, H. (2011). Biocontrol Arthropods: New Denizens of Canada's Grassland Agroecosystems. In K.D. Floate, Ed. *Arthropods of Canadian Grasslands: Inhabitants of a Changing Landscape*. Vol. 2. Biological Survey of Canada, Ottawa. pp. 291-321.
- De Clerck-Floate, R.A. (2013). *Cynoglossum officinale* (L.), houndstongue (Boraginaceae). In P.G. Mason and D. Gillespie, Eds. *Biological Control Programmes in Canada 2001-2012*. Chapter 46. CABI Publishing, Wallingford, U.K. pp. 309-315.
- Delfosse, E.S., Lewis, R.C., Hasan, S. (1995). Release of *Uromyces heliotropii* in Australia: A key agent in the integrated pest management system for common heliotrope. In E.S. Delfosse and R.R. Scott, Eds. *Proceedings of the VIII International Symposium on Biological Control of Weeds*. 2-7 February 1992, Canterbury, New Zealand; DSIR/CSIRO. pp. 329-336.
- DeLoach, C.J., Carruthers, R.I., Dudley, T.L., Eberts, D., Kazmer, D.J., Knutson, A.E., Bean, D.W., Knight, J., Lewis, P.A., Milbrath, L.R., Tracy, J.L., Tomic-Carruthers, N., Herr, J.C., Abbott, G., Prestwich, S., Harruff, G., Everitt, J.H., Thompson, D.C., Mityaev, I., Jashenko, R., Li, B., Sobhian, R., Kirk, A., Robbins, T.O., Delfosse, E.S., 2003. First results for control of saltcedar (*Tamarix*

- spp.) in the open field in the western United States. In: Proceedings of the XI International Symposium on Biological Control of Weeds. (Cullen, J.M., Briese, D.T., Kriticos, D.J., Lonsdale, W.M., Morin, L. and Scott., J.K., -eds) CSIRO Entomology, pp. 505-513, Canberra, Australia.
- Dernovici, S.A., Teshler, M.P. Watson, A.K. (2006). Is sunflower (*Helianthus annuus*) at risk to damage from *Ophraella communa*, a natural enemy of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*)? *Biocontrol Science and Technology*, 16(7), 669-686.
- Downey, P.O., Holtkamp, R.H., Ireson, J.E., Kwong, R.M., Swirepik, A.E. (2007). A review of the *Chrysanthemoides monilifera* biological control program in Australia: 1987-2005. *Plant Protection Quarterly* 22(1), 24-32.
- Durak, A., Ece, A. (2007). İklim Değişikliğinin Toprak Özelliklerine ve Sebze Tarımına Etkisi. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK 2007, 11 - 13 Nisan, İTÜ, İstanbul.
- Ekiz, A.N. (2008). Güneybatı Anadolu'da yayılış gösteren sucul yaprak böceklerinin (Coleoptera: Chrysomelidae) taksonomisi, sistematigi ve ekolojisi, (Doktora tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Isparta.
- Ekiz, A.N., Şen, İ., Aslan, E.G., Gök, A. (2013). Checklist of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) of Turkey, excluding Bruchinae. *Journal of Natural History*, 47:2213-2287.
- FAO (2022). Food and Agriculture Statistics <https://www.fao.org/faostat/en/#data> (Erişim:05.05.2022)

- Faubert, H., Casagrande, R.A. (2002). Cypress Spurge. In R. Van Driesche, S. Lyon, B. Blossey, M. Hoddle, and R. Reardon, Eds. Biological Control of Invasive Plants in the Eastern United States. FHTET-2002-04. USDA Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team, Morgantown, West Virginia. pp. 195-207.
- Forno, I.W., Kassulke, R.C., Harley, K.L.S. (1992). Host specificity and aspects of the biology of *Calligrapha pantherina* (Coleoptera: Chrysomelidae), a biological control agent for *Sida acuta* (Malvaceae) and *S. rhombifolia* in Australia. *Entomophaga*, 37(3), 409-417.
- Furth, D.G. (1980). Zoogeography and Host Plants of *Longitarsus* in Israel, with Descriptions of Six New Species (Coleoptera: Chrysomelidae). *Israel Journal of Entomology*, 13, 79-124.
- Gassmann, A., Schroeder, D. (1995). The search for effective biological control agents in Europe: history and lessons from leafy spurge (*Euphorbia esula* L.) and cypress spurge (*Euphorbia cyparissias* L.). *Biological Control*, 5, 466-477.
- Gassmann, A., Kok, L.T. (2002). Musk Thistle (Nodding Thistle). In R. Van Driesche, S. Lyon, B. Blossey, M. Hoddle, and R. Reardon, Eds. Biological Control of Invasive Plants in the Eastern United States. FHTET-2002-04. USDA Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team, Morgantown, West Virginia. pp. 229-245.
- Giray H., Nemli Y. (1983) İzmir İlinde Orobanche'in Doğal Düşmanı Olan *Phytomyza orobanchia* Kalt. (Diptera, Agromyzidae)'in

- Morfolojik Karakterleri, Kısaca Biyolojisi ve Etkinliği Üzerinde Araştırmalar. Türkiye Bitki Koruma Dergisi, 7, 183-192.
- Gordon, A.J., Kluge, R.L. (1991). Biological control of St. John's Wort, *Hypericum perforatum* (Clusiaceae), in South Africa. Agriculture, Ecosystems & Environment, 37(1-3), 77-90.
- Groenteman, R., Fowler, S.V., Sullivan, J.J. (2010). Response of two *Chrysolina* species to different *Hypericum* hosts. In S.M. Zynbos, Ed. Proceedings of the 17th Australasian Weeds Conference. 26-30 September 2010, Christchurch, New Zealand; New Zealand Plant Protection Society. pp. 227-230.
- Grossrieder, M., Keary, I.P. (2004). The potential for the biological control of *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus* using insects in organic farming, with particular reference to Switzerland. Biocontrol News and Information, 25(3), 65N-79N.
- Günçan, A. (2014). Yabancı ot mücadelesi. Selçuk Üniversitesi Yayınevi, Konya.
- Günçan, A. (2001). Yabancı Otlar ve Mücadele Prensipleri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları, Sayfa: 248, Konya.
- Harman, H.M., Syrett, P., Hill, R.L., Jessep, C.T. (1996). Arthropod introductions for biological control of weeds in New Zealand. New Zealand Entomologist, 19, 71-79.
- Harper, J.L. (2010). Population Biology of Plants. Blackburn Press. ISBN 978-1-932846-24-9.[page needed]
- Hinz, H. L., Diaconu, A., Talmaciu, M., Nastasa, V., Grecu, M. (2008). Testing the efficacy of specialist herbivores to control *Lepidium draba* in combination with different management practices. In: Julien, M. H., Sforza, R., Bon, M. C., Evans, H. C., Hatcher, P. E.,

- Hinz, H. L., Rector, B. G. (Eds.). Proceedings of the XII International Symposium on Biological Control of Weeds. CAB International Wallingford UK, 278-282.
- Hough-Goldstein, J., Lake, E., Reardon, R., Wu, Y. (2008) Biology and Biological Control of Mile-a-minute Weed, USDA Forest Service, FHTET.
- Igrc, J., Deloach, C.J., Zlof, V. (1995). Release and Establishment of *Zygotogramma suturalis* F. (Coleoptera: Chrysomelidae) in Croatia for Control of Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.). *Biological Control*, 5(2), 203-208.
- Ireson, J.E., Friend, D.A., Holloway, R.J., Paterson, S.C. (1991). Biology of *Longitarsus flavicornis* (Stephens) (Coleoptera: Chrysomelidae) and its effectiveness in controlling ragwort (*Senecio jacobaea* L.) in Tasmania. *Journal of the Australian Entomological Society*, 30, 129–141.
- Janaki, P., Sharma, N., Chinnusamy, C., Sakthivel, N., Nithya, C. (2015). Herbicide residues and their management strategies.
- Jordan, T. (1997). Host specificity of *Longitarsus quadriguttatus* (Pont., 1765) (Col., Chrysomelidae), and agent for the biological control of hound's-tongue (*Cynoglossum officinale* L., Boraginaceae) in North America. *Journal of Applied Entomology*, 121, 457-464.
- Jolivet, P. & Verma, K. K. 2002: Biology of leaf beetles. Intercept Ltd., 335p., USA.
- Julien, M.H., Griffiths, M.W. (1998). *Biological Control of Weeds: A World Catalogue of Agents and Their Target Weeds*, 4th ed, Wallingford, , UK: CABI Publishing.

- Kasap, H. (1987a). A List of Some Clytrinae (Col.: Chrysomelidae) from Turkey (Part II) *Clytra*, *Smaragdina*, *Cheilotoma*. Türkiye Entomoloji Dergisi, 11(2), 85-95.
- Kasap, H., 1987b. A List of Some Clytrinae (Col.: Chrysomelidae) from Turkey *Labidostomis*, *Lachnea*, *Antipa*, *Coptocephala* (Part I). Türkiye Entomoloji Dergisi, 11(1), 41-52.
- Kasap, H. (1988a). A List of Some Chrysomelinae (Col.: Chrysomelidae) From Turkey. (Part II). *Colaphellus*, *Gastroidea*, *Phaedon*, *Prasocuris*, *Plagiodes*, *Melasoma*, *Phytodecta*, *Phyllodecta*, *Timarcha*, *Entomoscelis*. Türkiye Entomoloji Dergisi, 12(2), 85-95.
- Kasap, H. (1988b). A List of Some Chrysomelinae (Col.: Chrysomelidae) From Turkey. (Part I). *Leptinotarsa*, *Crosita* and *Chrysomela* (= Chrysolinae). Türkiye Entomoloji Dergisi, 12(1), 23-31.
- Keane, R.M., Crawley, M.J. (2002) Exotic Plant Invasions and the Enemy Release Hypothesis. Trends in Ecology & Evolution Vol.17 No.4.
- Kısmalı, Ş., Sassi, D. (1994). Preliminary List of Chrysomelidae with Notes on Distribution and Importance of Species in Turkey. II. Subfamily Cassidinae Spaeth. Türkiye Entomoloji Dergisi, 18(3), 141-156.
- Kısmalı, Ş., Madanlar, N. (1990). Chrysomelidae (Coleoptera) Familyası Türlerinin Yabancı Otlarla Biyolojik Mücadeledeki Rolü ve İzmir İlinde Türlerin Durumu. Türkiye II. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, 26-29 Eylül, Ankara, 299-308.

- Kısmalı, Ş., 1973. İzmir İli ve Çevresinde Kültür Bitkilerinde Zarar Yapan Chrysomelinae ve Halticinae (Coleoptera, Chrysomelidae) Altfamilyalarına Ait Türler, Tanınmaları, Konukçuları, Yayılışlar ve Kısa Biyolojileri Üzerinde Araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(2), 341-378.
- Leonardi, C., Arnold, U. (1995). Due nuove specie di *Psylliodes* della regione mediterranea orientale (Coleoptera: Chrysomelidae). Atti della Società italiana di Scienze naturali e del Museo Civico di Storia naturale di Milano, 134, 299-311.
- LeSage, L. (1991). Family Chrysomelidae: leaf beetles. In Y. Bousquet, Ed. Checklist of beetles of Canada and Alaska. Agriculture Canada, Research Branch, Ottawa. pp. 301-323.
- Lodos, N. (1971) Yabancı Otlarla Biyolojik Savaş ve Yurdumuzda *Tribulus terrestris* L. (Demirdikeni, pıtrak) Üzerinde Bulunan İki Faydalı Böcek Türü: *Macrolarinus lareynii* ve *M. lypriformis* (Coleoptera: Curculionidae). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(2), 55-74.
- Lopatin, I. (1977). Leaf-beetles Chrysomelidae of Middle Asia and Kazakhstan, Nauka, Leningrad, 268 p.
- Löbl, I., Smetana, A. (2010). Catalogue of Palaearctic Coleoptera, (Vol. 6). Chrysomeloidea. Stenstrup: Apollo Books, 924.
- Manguin, S., White, R., Blossey, B., Hight, S. (1993). Genetics, taxonomy, and ecology of certain species of *Galerucella* (Coleoptera: Chrysomelidae). Annals of the Entomological Society of America, 86(4), 397-410.

- Maw, M.G. (1984). *Convolvulus arvensis* L., field bindweed (Convolvulaceae). In J.S. Kelleher and M.A. Hulme, Eds. Biological Control Programmes Against Insects and Weeds in Canada 1969-1980. Commonwealth Agricultural Bureaux, London. pp. 155-157.
- McClay, A.S., Bouchier, R.S., Butts, R.A., Peschken, D.P. (2002). *Cirsium arvense* (L.) Scopoli, Canada thistle (Asteraceae). In P.G. Mason and J.T. Huber, Eds. Biological Control Programmes in Canada 1981-2000. CAB International, Wallingford, U.K. pp. 318-330.
- Mcfadyen, R.E. (2012). Benefits From Biological Control Of Weeds In Australia. Pakistan Journal of Weed Science Research, 18, 333-340.
- Mengüç, Ç. (2018). Herbisit toksisitesi ve yabancı otlara karşı alternatif mücadele stratejileri. Turkish Journal of Weed Science, 21(1), 61-73.
- Mengüç, Ç., Elibüyük, İ.Ö. (2014). Yabancı Otlarda Herbisitlere Dayanıklılık ve Yönetimi. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 7(2), 19-22.
- Miyazaki, M., Naito, A. (1981). Biological Control of *Rumex obtusifolius* L. by *Gastrophysa atrocyanea* Mots. (Coleoptera: Chrysomelidae): biology of the insect. In Proceedings of the 1st Japan/USA Symposium on IPM. 29-30 September 1981, Tsukuba, Japan pp. 181-190.
- Ostovan, H., Moradian, H. (2018). Study on the fauna and host plants of tortoise beetles, *Cassida* spp. (Col.: Chrysomelidae) in Gachsaran. IAU Entomological Research Journal, 10(2), 127-137.

- Önder F., Karsavuran Y. (1986) İzmir Çevresinde Çiriş Otu (*Asphedolus microcarpus* Viv.)'na Karşı Uygulanacak Biyolojik Savaşta *Capsodes infuscatus* (Brul) (Heteroptera:Miridae)'un Etkinliği Üzerinde Gözlemler. Türkiye I. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri,12-14 Şubat Adana s: 270-279.
- Önen, H. (2010). Organik ve İyi Tarım (EUREP–GAP) Uygulamaları. In: SERİN YEds. Küresel İklim Değişimine Bağlı Sürdürülebilir Tarım, Cilt II YİBO Eğitimi., Erciyes Üniversitesi Yayın No:177, Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Yayın No:1, Fidan Ofset, Kayseri, pp 146-169.
- Önen, H. (2015). Türkiye İstilacı Bitkiler Kataloğu. Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara, p 533. ISBN: 978-605-9175-05-0
- Önen, H., Özcan, S. (2010). İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Yabancı Ot Mücadelesi. In: SERİN Y Eds. Küresel İklim Değişimine Bağlı Sürdürülebilir Tarım, Cilt II YİBO Eğitimi., Erciyes Üniversitesi Yayın No:177, Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Yayın No:1, Fidan Ofset, Kayseri, pp336-357.
- Önen, H. (2021a). Herbolojinin Tarihi Gelişimi, 3. Bölüm. “Herboloji (Yabancı Ot Bilimi): İlkeler, Kavramlar ve Uygulamalar / Weed Science: Theory and Practice” içinde (s. 28-75). Adana, DOI: : 10.13140/RG.2.2.16687.25768/1 (Erişim: 25.04.2022).
- Önen, H. (2021d). Yabancı Otların Yayılma Stratejileri, 6. Bölüm - Herboloji (Yabancı Ot Bilimi): İlkeler, Kavramlar ve Uygulamalar / Weed Science: Theory and Practice,

- <https://www.researchgate.net/publication/350789562> (Erişim: 25.04.2022).
- Özdikmen, H., Mercan, N., Cihan, N., Kaya, G., Topçu, N. N., Kavak, M. (2014). The importance of superfamily Chrysomeloidea for Turkish biodiversity (Coleoptera). *Munis Entomology and Zoology*, 9(1):17-45
- Özdikmen, H., Bal, N. (2016). A new species of *Cheilotoma* Chevrolat from Turkey with an updated list (Coleoptera: Chrysomelidae: Clytrinae). *Munis Entomology & Zoology*, 11(2): 303-311.
- Özdikmen, H., Coral Şahin, D. (2021). Updated feeding preferences and distribution of Turkish leaf-mining and tortoise beetles (Chrysomelidae: Hispinae and Cassidinae) with data from Düzce and Kayseri provinces (Turkey). *Munis Entomology & Zoology*, 16(2), 685-719.
- Özer, Z., Önen, H., Uygur, N.F., Koch, W. (1996). Farklı Kültürlerde Sorun Olan Yabancı Otlar ve Kimyasal Savaşmaları. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 15, Kitap Serisi: 8, Tokat, 282 p.
- Özer, Z., Kadioğlu, İ., Önen, H., Tursun, N. (2001). Herboloji (Yabancı Ot Bilimi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 20 Kitap Seri No: 10, Tokat.
- Peschken, D.P., McClay, A.S., De Clerck-Floate, R.A. (2002). *Silene vulgaris* (Moench) Garcke, bladder campion (Caryophyllaceae). In P.G. Mason and J.T. Huber, Eds. *Biological Control Programmes in Canada 1981-2000*, Wallingford, U.K. pp. 411-416.
- Peterson, P., Fowler, S.V., Barrett, P. (2004). Is the poor establishment and performance of heather beetle in Tongariro National Park due

- to the impact of parasitoids, predators or disease? New Zealand Plant Protection, 57, 89-93.
- Piggin, C.M., Sheppard, A.W. (1995). *Echium plantagineum* L. In R.H. Groves, R.C.H. Shepherd, and R.G. Richardson, Eds. The Biology of Australian Weeds. Vol. 1. R.G. and F.J. Richardson, Melbourne. pp. 87-110.
- Piper, G.L., Coombs, E.M. (2004). Thistles. In E.M. Coombs, J.K. Clark, G.L. Piper, and A.F. Cofrancesco, Eds. Biological Control of Invasive Plants in the United States. Oregon State University Press, Corvallis, Oregon. pp. 345-378.
- Reznik, S.Y. (2009). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in Russia: spread, distribution, abundance, harmfulness and control measures. *Ambrosie, the first international ragweed review* 26, 88-97.
- Riley, E.G. (1986). Review of the tortoise beetle genera of the tribe Cassidini occurring in America north of Mexico (Coleoptera: Chrysomelidae: Cassidinae). *Journal of the New York Entomological Society*, 94(1), 98-114.
- Riley, E., Clark, S., Flowers, R., Gilbert, A. (2002). Chrysomelidae Latreille 1802. In Arnett, R., Thomas, M., Skelley, P., and Frank, J., editors, *American Beetles: Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea*, 2:617-691.
- Schwarzländer, M., Hinz, H.L., Winston, R.L., Day, M.D. (2018). Biological control of weeds: an analysis of introductions, rates of establishment and estimates of success, worldwide, *BioControl*, 63, 319-331.

- Sheppard, A.W., Smyth, M. (2012). *Echium plantagineum* L. - Paterson's curse. In M. Julien, R. McFadyen, and J. Cullen, Eds. Biological Control of Weeds in Australia. CSIRO Publishing, Melbourne. pp. 211-226.
- Sheppard, A.W., Morin, L., Cullen, J. (2012). *Heliotropium europaeum* L. common heliotrope. In M. Julien, R. McFadyen, and J. Cullen, Eds. Biological Control of Weeds in Australia. CSIRO Publishing, Melbourne. pp. 289-298.
- Sırrı M., Özaslan C. (2022). Gever Ovası'nda Tespit Edilen *Convolvulus* L. Türleri ve Bunların Potansiyel Biyolojik Kontrol Etmenleri. Turkish Journal of Weed Science, 25(1), 69-84.
- Sırrı, M., Sırrı, G. (2020). Hakkâri ilinde gıda olarak tüketilen yabancı bitki ve yabancı ot türlerinin güncel durumu. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (19), 393-409.
- Sözeri, S. (1994). Kekre (*Acroptilon picris* (L.) D.C.) 'nin *Subanguina picridis* (Kirj.) Brzeski Nematodu ile Biyolojik Mücadelesi Üzerinde Araştırmalar. Türkiye III. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildiri Özetleri, 25-28 Ocak, İzmir, s: 35.
- St. Louis, E., Stastny, M., Sargent, R.D. (2020). The impacts of biological control on the performance of *Lythrum salicaria* 20 years post-release. Biological Control, 140, 104123.
- Syrett, P., Smith, L.A., Bournier, T.C., Fowler, S.V., Wilcox, A. (2000). A European pest to control a new Zealand weed: investigating the safety of heather beetle, *Lochmaea suturalis* (Coleoptera: Chrysomelidae) for biological control of heather, *Calluna vulgaris*. Bulletin of Entomological Research, 90(2), 169-178.

- Şen, İ. (2012). Kovada gölü ve Kızıldağ milli parklarının (Isparta) yaprak böceklerinin (Coleoptera: Chrysomelidae) tür çeşitlilikleri, bollukları ve bunları etkileyen çevresel faktörlerin belirlenmesi, (Doktora tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Biyoloji Ana Bilim Dalı
- Talmaciu, N., Huma, R., Talmaciu, M. (2010), The interrelation between natural enemies of the invasive plant *Lepidium draba* L., established in a natural pasture in Eastern Romania. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38, 32-39.
- Turantepe, E. (2017). Hatila Vadisi Milli Parkı (Artvin) yaprak böcekleri (Coleoptera: Chrysomelidae) faunası / Leaf beetle (Coleoptera:Chrysomelidae) fauna of Hatila Valley National Park (Artvin), Süleyman Demirel Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Biyoloji Ana Bilim Dalı 89 s.
- Urban, A.J., Simelane, D.O., Retief, E., Heystek, F., Williams, H.E., Madire, L.G. (2011). The invasive '*Lantana camara* L.' hybrid complex (Verbenaceae): a review of research into its identity and biological control in South Africa. *African Entomology*, 19(2), 315-348.
- Uygun, N., Ulusoy, M.R., Satar, S. (2010). Biyolojik Mücadele, Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 1(1),1-14. ISSN 2146-0035
- Uygun, S., Smith, L., Uygun, F.N. (2012). The effects of seed feeding insects on seed production of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis* L.) in Adana province in southern Turkey. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 3(2), 99-120.
- Uygun, S., Uygun, F.N. (2010). Yabancı Otlarla Biyolojik Mücadele, Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 1(1):79-95 ISSN 2146-0035

- van Klinken, R.D. (2012). *Prosopis spp.* - mesquite. In M. Julien, R. McFadyen, and J. Cullen, Eds. *Biological Control of Weeds in Australia*. CSIRO Publishing, Melbourne. pp. 477-485.
- Volkovitsh, M.G., Dolgovskaya, M.Yu., Reznik, S.Ya., Cristofaro, M. (2000). The life history and biology of *Aphthona russica* sp. nov. (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae), a potential biological control agent of leafy spurge. In: *Proceedings of the X Symposium on Biological Control of Weeds* (Spencer, N.R. -eds.) United States Department of Agriculture, Agricultural Research Services, pp 113–116, Sidney, MT and Montana State University, Bozeman, MT.
- Winston, R.L., Schwarzlander, M., Hinz, H.L., Day, M.D., Cock, M.J.W., Julien, M.H. (2023). *Biological Control of Weeds: A World Catalogue of Agents and Their Target Weeds*. Based on FHTET-2014-04, USDA Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team. Available online at <https://www.ibiocontrol.org/catalog/> [Accessed 01 April 2023].
- Winston, R.L., Schwarzländer, M., Hinz, H.L., Day, M.D., Cock, M.J.W., Julien, M.H. (2014). *Biological Control of Weeds: A World Catalogue of Agents and Their Target Weeds*, 5th edition. USDA Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team, Morgantown, West Virginia. FHTET-2014-04.
- Yamanaka, T., Tanaka, K., Otuka, A., Bjornstad, O.N. (2007). Detecting spatial interactions in the ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) and the ragweed beetle (*Ophraella communa* LeSage) populations. *Ecol Res.*, 22, 185-196.

- Yamazaki, K., Imai, C., Natuhara, Y. (2000). Rapid population growth and food-plant exploitation pattern in an exotic leaf beetle, *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae), in western Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 35(2), 215-223.
- Zaitzev, V.F., Reznik, S.Y., Volkovitsh, M.G., Dolgovskaya, M.Y., Konstantinov, A.S. and Spencer, N.R. (2004). Prospects for the search for weed Biocontrol agents in Russia. In: *Proceedings of the XI International Symposium on Biological Control of Weeds*. (Cullen, J.M., Briese, D.T., Kriticos, D.J., Lonsdale, W.M., Morin, L. and Scott, J.K., -eds). CSIRO Entomology, pp. 203-207, Canberra, Australia.

BÖLÜM 6

GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTUCULARIN ÇALIŞMA İLKELERİ VE SINIFLANDIRILMASI

Doç. Dr. Sevil KARAASLAN¹

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Isparta-Türkiye, sevilkaraaslan@isparta.edu.tr

GİRİŞ

Kurutma, tüm endüstriyel enerji kullanımlarının %15'ini kolayca oluşturan en enerji yoğun birim operasyonlarından biridir (Chua vd., 2001). 1980'lerden itibaren, enerji fiyatlarındaki artışın yanı sıra, çevre kirliliği, çalışma koşulları ve güvenlik gereklilikleri ile ilgili mevzuat daha katı hale geldi. Bu gereklilikleri karşılamak ve enerji tüketimini optimize etmek için, kurutma yönteminde ve kurutucu tasarımında yeni teknolojiler talep edilmektedir (Hawlader vd., 1998).

Güneş enerjisiyle kurutma teknolojisi, bizlere sebze ve meyveleri temiz, hijyenik ve sağlıklı koşullarda ulusal ve uluslararası standartlarda işleyebilen bir alternatif sunmaktadır.

Enerji ve zamandan tasarruf sağlar, daha az yer kaplar, ürün kalitesini artırır, prosesi daha verimli hale getirir ve çevreyi korur (Sharma ve ark., 2009). Güneşle kurutma, gelen güneş ışınımını kurutma amacıyla gerekli olan termal enerjiye dönüştürmek için kullanan bir tekniği ifade etmektedir (Simate, 2001).

Imre (1986), güneş enerjisiyle kurutmanın sadece güneş enerjisi kullanılarak gerçekleştirilen bir enerji tüketen süreç değil, aynı zamanda gerekli kalitede ürünler üreten bir süreç olduğunu bildirmiş ve kurutulan ürünün kalitesinin ekonomiye etkisinin olduğunu belirtmiştir.

Ayrıca, mümkün olduğunda güneş enerjisiyle kurutma, genellikle en uygun maliyetli kurutma tekniğini sağlar. Güneş enerjili kurutucunun amaçlarından biri, ürüne ortam koşullarında mevcut olandan daha fazla ısı sağlamaktır.

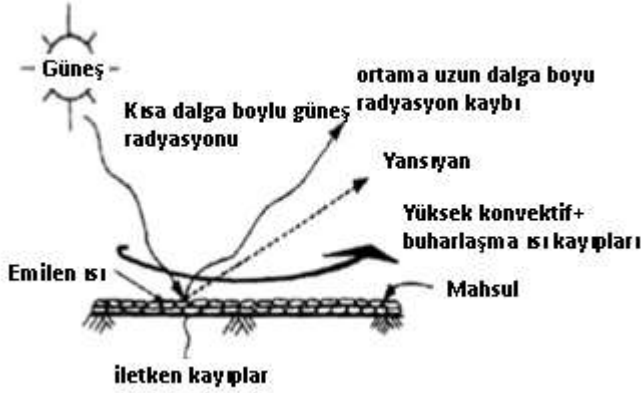
Açık güneşte kurutma, gelişmekte olan ülkelerin çoğunda tahıl, meyve ve sebze gibi tarım ürünlerini korumak için en yaygın kullanılan yöntemdir. Olumsuz iklim koşulları altında bu tür kurutma, kurutulan ürünün miktarında ve kalitesinde ciddi kayıplara yol açar (Pangavhane vd.,2002). Bu kayıplar, kir, toz ve böcekler, kemirgenler ve hayvanların istilası ile kirlenme ile ilgilidir. Bu nedenle, gelişmekte olan ülkelerde güneş enerjisiyle kurutucuların kullanılmaya başlanması, güneşte veya gölgede kurutma gibi geleneksel kurutma yöntemlerine kıyasla mahsul kayıplarını azaltabilir ve kurutulan ürünün kalitesini önemli ölçüde artırabilir (Yaldız vd., 2001).

Güneş enerjisi kurutucuları genel olarak doğrudan, dolaylı ve karma güneş kurutucuları olarak sınıflandırılabilir. Bu kurutucuların çalışma prensibi esas olarak güneş enerjisi yöntemine bağlıdır. (Furlan vd.,1983).

1. GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTUCULARIN SINIFLANDIRILMASI

1.1. Güneş veya doğal kurutucular

Kurutulacak malzeme doğrudan güneş radyasyonu, ortam hava sıcaklığı, bağıl nem ve rüzgar hızı gibi olumsuz iklim koşulları altına yerleştirilerek kuruma sağlanır.



Şekil 1. Açık Güneşte Kurutmanın Çalışma Prensipleri (Sharma Vd., 2009)

Gıda muhafazası için güneş ışınlarını kullanarak açık güneş altında kurutma eski çağlardan beri uygulanmaktadır (Sharma vd., 2009). Kurutma, ürün yüzeyine sağlanan ısı enerjisinin iki şekilde kullanıldığı bir ısı ve kütle transferi olgusunu içerir:

- ürün yüzey sıcaklığını duyulur ısı şeklinde arttırmak ve
- gizli buharlaşma ısısının sağlanması yoluyla üründe bulunan nemi buharlaştırmak.

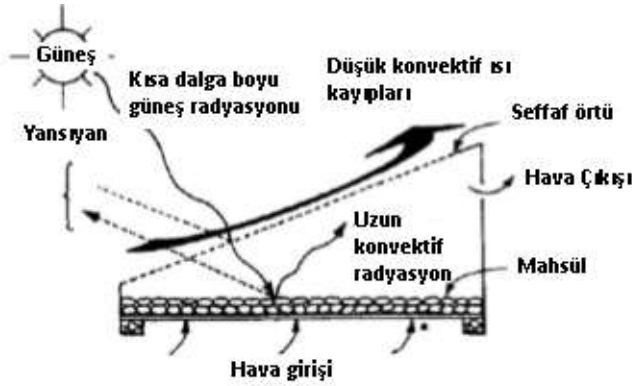
Tarım ürünlerini, tahılları, meyveleri, sebzeleri, balıkları vb. korumak için en eski ve en yaygın geleneksel yöntemdir (Belessiotis ve Delyannis, 2011) ve ürünler doğrudan güneş ışınlarına maruz kalan zemine serilir.

Yüzeye düşen güneş ışınları kısmen yansıtılır ve kısmen emilir. Emilen radyasyonlar ve çevredeki hava yüzeyi ısıtır. Bu ısının bir kısmı, yüzeydeki nemi çevredeki havaya buharlaştırmak için kullanılır.

Bu ısınnın bir kısmı, atmosfere uzun dalga boylu radyasyonlar ve toprağa iletim yoluyla kaybolur (Şekil 1).

1.2. Doğrudan güneş enerjili kurutucular

Bu kurutucularda kurutulacak malzeme şeffaf kapaklı veya yan panelli bir mahfaza içerisine yerleştirilir. Isı, güneş ışınımının ürünün kendisi ve ayrıca kurutma odasının iç yüzeyleri üzerinde emilmesiyle üretilir. Bu ısı, kurutma ürünündeki nemi buharlaştırır ve kurutma havasının doğal dolaşımını destekler (Şekil 2).

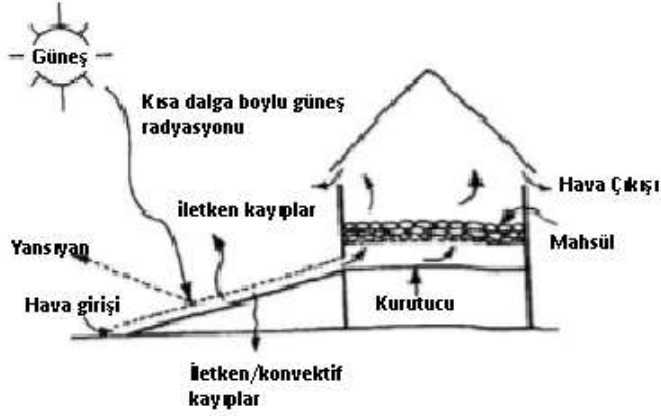


Şekil 2. Doğrudan Güneş Kurutmanın Çalışma Prensibi Prensibi (Sharma Vd., 2009)

1.3. Dolaylı güneş enerjili kurutucular

Bunlar, ısı transferi ve buhar giderme açısından doğrudan kurutuculardan farklıdır. Şekil 3, dolaylı güneş enerjisi ile kurutmanın çalışma prensibini açıklamaktadır.

Bu kurutucularda, hava önce bir güneş hava ısıtıcısında ısıtılır ve ardından kurutma odasına yönlendirilir.



Şekil 3. Dolaylı Güneş Kurutma Sisteminin Çalışma Prensibi (Sharma Vd., 2009)

Bu dolaylı güneş enerjili kurutucularda mahsuller opak bir kurutma kabini içinde tepsi veya raflar içinde bulunmakta ve kabine giren havanın ısıtılması için güneş kollektörü adı verilen ayrı bir ünite kullanılmaktadır. Isıtılmış havanın, sıcak hava ile ıslak mahsul arasındaki konvektif ısı transferi yoluyla nemin buharlaşması için ısı sağlayan ıslak mahsulün içinden/üzerinden akmasına izin verilir. Kurutma, kurutma havası ile ekin yüzeyine yakın hava arasındaki nem konsantrasyonundaki farktan dolayı gerçekleşir.

1.4. Karma tip güneş enerjili kurutucular

Kurutulacak malzeme üzerine doğrudan gelen güneş radyasyonu ile hava güneş ısıtıcısında önceden ısıtılan havanın birleşik etkisi, kurutma işlemi için gereken enerjiyi sağlar.

Farklı güneş enerjisi kurutucu türlerinin avantaj ve dezavantajları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Farklı Güneş Enerjisi Kurutucu Türlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Kurutucu tipi	Avantajları	Dezavantajları
Doğrudan güneş kurutucu	Basit tasarım, küçük ve düşük maliyetli Açık güneşte kurutmaya kıyasla iyi kurutma kalitesi sağlar Hem güneş enerjisinin toplanması hem de ürünün kurutulması tek bir ünite de gerçekleşir Çalışma güneş enerjisi ve hava akışına bağlıdır	Çok yavaş çalışma oranı Birim alan başına düşük kurutma kapasitesi Malzemenin şeffaf bir duvar aracılığıyla güneş ışıklarına doğrudan maruz kalması. Sadece az miktarda malzemeyi kurutmak için.
Dolaylı güneş kurutucu	Kuruma hızı yüksektir ve ürün kalitesi iyidir Kurutulmuş ürün uzun süre saklanabilir Daha küçük yüzey alanına ve artan üretkenliğe ihtiyacınız var Ekinler korunduğu ve doğrudan radyasyona karşı opak olduğu için karamelizasyon ve lokalize ısı hasarı oluşmaz.	Daha karmaşık tasarım Daha pahalı Bakım maliyeti direkt tipe göre daha yüksektir
Karma kurutucular	Güneş enerjisinin hem düz plaka kolektörde toplanması hem de kurutma ünitesi Ürün aynı anda hem güneş kolektöründen gelen sıcak hava hem de doğrudan güneş radyasyonu ile kurutulur. Kontrollü kurutma sıcaklığı ile daha hızlı kurutma	Karmaşık tasarım ve inşaat Yüksek maliyet

Güneşle kurutma, meyveler, sebzeler, tahıllar, tohumlar, otlar, baharatlar, kauçuk, keresteler ve odunlar gibi çeşitli tarım ürünlerinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Genel olarak, güneşte kurutulan ürünlerin nihai kalitesini belirleyen ana işleme değişkenleri, kuruma süresinin yanı sıra güneş ışığına maruz kalma süresidir. Uzun süreli kuruma süresi ve ultraviyole ışık (UV) ile temas, klorofil, uçucu yağ, β -karoten ve askorbik asit gibi kurutulmuş ürünlerdeki bazı değerli fitokimyasalları ve vitaminleri bozabilir. Bununla birlikte, dolaylı güneş kurutucu kullanımı ve ham maddeler üzerinde ön arıtma bu sorunların üstesinden gelebilir.

Geliştirilen güneş enerjili kurutucuların çoğu belirli ürünler veya ürün sınıfları için tasarlanmıştır; örneğin soğan, bezelye, biber, gibi sebzeler ve mango, elma, ananas, muz gibi meyveler ve üzümler. Tablo 2’de seçilen tarımsal ürünlerin güneşte kurutulmasının incelemeleri gösterilmiştir.

Tablo 2. Seçilmiş Tarım Ürününün Güneşte Kurutulmasının İncelenmesi

Ürünler	Gözlemler	Referans
Elmalar	Güneşli tünel kurutucu Açık güneşte kurutma için nem içeriği 32 saatte %82'den %11'e düşürülürken, güneş tünelli kurutucuda sadece 28 saat sürmüştür..	Elicin ve Sacilik 2005
Biberler	Çok amaçlı güneş tüneli kurutucu Geleneksel güneşte kurutmaya kıyasla kuruma süresinde azalma, Kurutucudaki ortalama hava sıcaklığı artışı, ortam sıcaklığının yaklaşık 22 oC üzerinde ve kurutucuda hemen hemen sabit olmuştur.	Hossain ve Bala, 2007
Muzlar	Çok amaçlı güneş tüneli kurutucu Muz, açık kurutma için gereken 5-7 güne kıyasla 3-5 gün içinde kurutulabilir.	Schimer vd., 1996
Mangolar	dolaylı tip doğal konveksiyonlu güneş kurutucu Başlangıç nem içeriği %85 olan dilimlenmiş taze mangolar, 31.7–40.1 oC'de 20 saat boyunca %13'lük nihai nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Doğal konveksiyonlu güneş kurutucusu, Başlangıç nem içeriği %84 olan mango, izin verilen maksimum sıcaklıkta 40 oC'de 15 saat boyunca %27.6 nihai nem içeriğine kadar kurutulur.	Madhlopa vd., 2002 Toure ve Kibangu-Nkumbo, 2004

Ürünler	Gözlemler	Referans
Soğan dilimleri	Karma tip kurutucular Yaklaşık %86'lık (w.b.) başlangıç nem içeriğinden yaklaşık %7'lik (w.b.) nihai nem içeriğine kadar kurutulan soğan dilimleri, Sıcak egzoz havasının geri dönüşümü ile toplam enerjide maksimum %70,7'ye varan tasarruf sağlanabilir.	Sarsavadia, 2007
Ananas	Kurutucu, ananas dilimlerinin nem içeriğini yaklaşık %66'dan %11'e (k.b.) düşürmüş ve besleyici bir kurutulmuş ürün vermiştir. Son gün nem toplama veriminin ortalama değerleri sırasıyla güneş, biyokütle ve güneş-biyokütle çalışma modlarında %15, %11 ve %13 olarak belirlenmiştir.	Madhlopa vd., 2007
Üzüm	Çok amaçlı doğal konveksiyonlu güneş enerjisi kurutucusu, Üzümlerin kuruma süresi açıkta kurutmaya göre %43 oranında kısalmıştır.	Pangavhane vd., 2002
Bezelye	Dolaylı tip doğal konveksiyonlu solar kurutucu 1 kg yeşil bezelye 45.5–50.5°C'de 8–10 saat boyunca %5 nihai nem içeriğine kadar kurutulmuştur	El-Sebaii vd., 2002
Çilek	Dolaylı güneş kurutucusu Kurutma havasını ısıtmak için güneş kollektörünün performansının tatmin edici olduğu varsayılmıştır; pik koşullarda ortam sıcaklığını çilek kurutma için yeterli kabul edilen 47°C civarına kadar yükseltebilir.	El-Beltagi vd., 2007

SONUÇLAR

Belirli bir bölge veya ürün için güneş enerjisi kurutucusu seçimi için tek bir kritere sahip olmak zordur, çünkü güneş ışınımı ve diğer parametreler coğrafi konuma göre sık sık değişir, ancak nihai seçimin yapılmasına yardımcı olmak için genel pratik kurallardan bahsedilir. Nihai seçim genellikle mevcut güneşlenme oranına, üretim hacmine, esneklik gereksinimlerine, aksesuarları çalıştırmak için kullanılan yakıt maliyetine ve ayrıca imalatçının deneyimine ve muhakemesine dayalıdır. Güneş enerjili kurutucu yaklaşık 20-40 yıllık uzun bir ömre sahip olduğundan, kötü bir tasarımın etkisi, kurutucunun ekonomik sağlığı üzerinde uzun vadeli bir etkiye sahip olabilir.

KAYNAKÇA

- Behera, D.D., Mohanty, A.M., & Mohanty, R.M. (2022). Recent advances in solar drying technologies: *A Comprehensive review. Journal of Energy Systems*; 6(4): 503-519, DOI: 10.30521/jes.1050814.
- Belessiotis, V., & Delyannis, E. (2011). Solar Drying. *Solar Energy* 85 pp:1665–1691.
- Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Hawlader, M.N., Chou, S.K., & Ho, J.C. (2001). Batch Drying of Banana Pieces – Effect of Stepwise Change in Drying Air Temperature on Drying Kinetics and Product Color. *Food Res Int*,34, pp.721–731.
- El-Beltagi, A., Gamea, G.R., & Essa, A. (2007). Solar Drying Characteristics of Strawberry. *Journal of Food Engineering*, 78, pp. 456–464.
- Elicin, A.K., & Sacilik, K. (2005). An Experimental Study for Solar Tunnel Drying of Apple. *Tarım Bilimleri*. 11(2), pp:207-211.
- El-Sebaili, A.A., Aboul-Enein, S., Ramadan, M., & El-Gohary, H.G. (2002). Experimental Investigation of an Indirect Type Natural Convection Solar Dryer. *Energy Conversion & Management*, 43, pp. 2251–2266.
- Furlan, G., Mancini N.A., & Sayigh, A.A.M. (1983). Non-conventional energy sources. *Miramare-Triest*, Italy; 1983.
- Hawlader, M.N., Bong, T.Y., & Yang, Y. (1998). A Simulation and Performance Analysis of a Heat Pump Batch Dryer. In:

- Proceedings of the 11th international drying symposium*, vol. A; pp. 208–215.
- Hossain, M.A., & Bala, B.K. (2007). Drying of Hot Chilli Using Solar Tunnel Drier. *Solar Energy*, 81, pp. 85–92.
- Imre, L. (1986). Technical and Economical Evaluation of Solar Drying. *Drying Technology*, 4(4). pp. 503-512.
- Madhlopa, A., Jones, S.A., & Saka, J. (2002). A Solar Air Heater With Composite-Absorber Systems for Food Dehydration. *Renewable Energy*, 27, pp. 27–37.
- Madhlopa, A., & Ngwalo, G. (2007). Solar Dryer With Thermal Storage and Biomass Backup Heater. *Solar Energy*, 81, pp. 449–462.
- Pangavhane, D.R., Sawheny, R.L., & Sarsavadia, P.N. (2002). Design, development and performance testing of a new natural convection solar dryer. *Energy*;27:579–90.
- Sharma, A., Chen, C.R., & Lan, N.V. (2009). Solar-energy drying systems: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, pp. 1185-1210.
- Simate, I.N. (2001). Simulation of the Mixed-Mode Natural-Convection Solar Drying of Maize. *Drying Technology*, 19(6), pp. 1137-1155.
- Toure, S., & Kibangu-Nkembos, S. (2004). Comparative Study of Natural Solar Drying of Cassava, Banana and Mango. *Renewable Energy*, 29, pp. 975-990.
- Yaldiz, O., Ertekin, C., & Uzun, H.I. (2001). Mathematical modeling of thin layer solar drying of sultana grapes. *Energy*;26:457–65.

BÖLÜM 7

KÖPÜK KURUTMA

Doç. Dr. Sevil KARAASLAN¹

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Isparta-Türkiye, sevilkaraaslan@isparta.edu.tr

GİRİŞ

Köpük kurutma, sulu gıdaların kurutulması alanında umut verici yeni bir gelişmedir. Bu yöntem, ısıya duyarlı veya kuruması zor, yapışkan ve viskoz olan gıdaların nispeten ılıman koşullarda, aşırı kalite değişikliği olmaksızın kurutulmasını sağladığı için sebze püresi ve meyve suyu işleme endüstrisinde geniş bir uygulama alanı sunmaktadır. Bu teknoloji, çoğunlukla süt, meyve, meyve suları, çözünür kahve vb. gibi yüksek kaliteli konsantre içeren sıvıların kurutulmasında ticari ölçekte artan bir öneme sahiptir.

Köpükle kurutma, ürünlerin sıvıdan kararl köpüğe dönüştürülmesinin, serbest akışlı bir toz elde etmek üzere parçalanan ince gözenekli bir bal peteği tabakası veya matı oluşturmak için nispeten düşük sıcaklıklarda havayla kurutmayı takip ettiği bir süreçtir. Köpük kurutmada elde edilen kurutulmuş ürün daha kaliteli, gözeneklidir ve kolayca sulandırılabilir. Stabil köpüğe dönüştürülmeden önce malzemenin konsantre edilmesi temel bir gereklilik olabilir veya olmayabilir ve yüzey gerilimine ve ürünün kıvamına bağlı olacaktır. Köpürtülmüş kütlede bulunan büyük miktarda gazın daha yüksek ısı transfer oranını engellemesine rağmen, sıvı-gaz arayüzündeki muazzam artış nedeniyle kuruma hızı nispeten yüksektir.

Köpük kurutma işleminin avantajları, nispeten hızlı kuruma, kolay sulandırma ve daha kaliteli ürün eldesini içerir. Yenilenen süreç, basitliği, düşük sıcaklıkta hızlı kurumayı, her tür meyve suyuna uygun olması, besin kalitesini koruması ve kolayca yeniden birleştirilebilir meyve suyu tozları üretmek için uygun maliyetli olması nedeniyle

gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için köpük kurutma büyük öneme sahiptir.

Köpük kurutmadaki temel adımlar aşağıdaki gibidir:

- Hammaddenin ön işlemleri ve sıvı konsantrenin hazırlanması;
- Konsantratın, hava veya diğer gazlar ve uygun bir köpürtücü madde ile kararlı bir köpüğe dönüştürülmesi;
- İnce bir tabaka halindeki köpüğün, kurutulana kadar sıcak hava akımına maruz bırakılması; ve
- Kurutulmuş gözenekli kütlelerin su içinde kolayca yeniden birleştirilebilir bir toz haline getirilmesi ve öğütülmesi.

Köpük kurutma işlemi, sıvı gıdaya bir stabilizatör ve bir gazın eklenmesiyle hazırlanan stabilize bir köpük formundaki sıvı veya yarı sıvı gıda konsantresinin sürekli bir karıştırıcıda kurutulmasını ve atmosferik sıcaklıkta ısıtılmış havada kurutulmasını içerir. İkinci olarak, köpükler, bir dökme gaz/hava fazının mevcudiyetinde bir köpürtücü madde içeren sulu bir çözeltinin çırpılmasıyla (dövülmesiyle) oluşturulabilir.

Köpük, katmanlı faz (ince kabarcık duvarı) olarak bilinen ince bir film sıvı tabakasıyla ayrılmış iki fazlı (dağılmış ve sürekli faz) bir sistemdir. Yiyecek ve içecekler söz konusu olduğunda köpük, gaz, sıvılar, katılar ve yüzey aktif maddelerden oluşan karmaşık bir sistemdir (Eisner ve diğerleri, 2007). Köpükler plato sınırı ile çevrili gaz kabarcıklarına sahiptir. Köpük gelişiminin önemli bir adım olduğu göz önüne alındığında, ortaya çıkmasına veya kaybolmasına katkıda bulunan

faktörlerin anlaşılması çok önemlidir. Bu faktörler, köpük dokusunu belirleyecek olan kabarcıkların sayısını, boyutunu ve dağılımını içerir, düzgün dağılmış küçük kabarcıklar ayrıca daha yumuşak köpüklerle sonuçlanır. Köpükler hava-sıvı arayüzünde birikir ve oluşur, ancak doğal olarak kararsızdır, çünkü yüzey gerilimi onu korumak için gereken kuvvetlere karşı gelir ve böylece köpüğün çökmesine yol açar.

1. Köpük Oluşumu ve Özellikleri

1.1. Köpük Kararlılığı

Köpükler, yüksek arayüzey enerjileri nedeniyle termodinamik olarak kararsızdır. Kararsızlık iki türe ayrılabilir;

- (1) ömürleri saniyeler olan kararsız veya geçici köpükler ve
- (2) ömürleri saatlerle, günlerle ölçülen metastabil veya sözde kalıcı köpükler.

Köpüğün çökmesi, daha büyük bir kabarcık oluşturmak için bir sıvıdaki iki kabarcığın birleşmesi olarak tanımlanan kabarcık birleşmesinden kaynaklanır. Üç aşamalı bir süreçte gerçekleşir: Kabarcık yaklaşımı ve ince film oluşturulması, film drenajı ve film kopması. Saf suda kararlı bir film oluşturmak zordur, çünkü yüzey gerilimi yüksektir ve kaynaşması sadece birkaç saniye sürer, oysa yüzey aktif maddelerin eklenmesiyle birleşmeye karşı dengelenerek daha uzun süre dayanacak köpüğe neden olur (Henry, 2010).

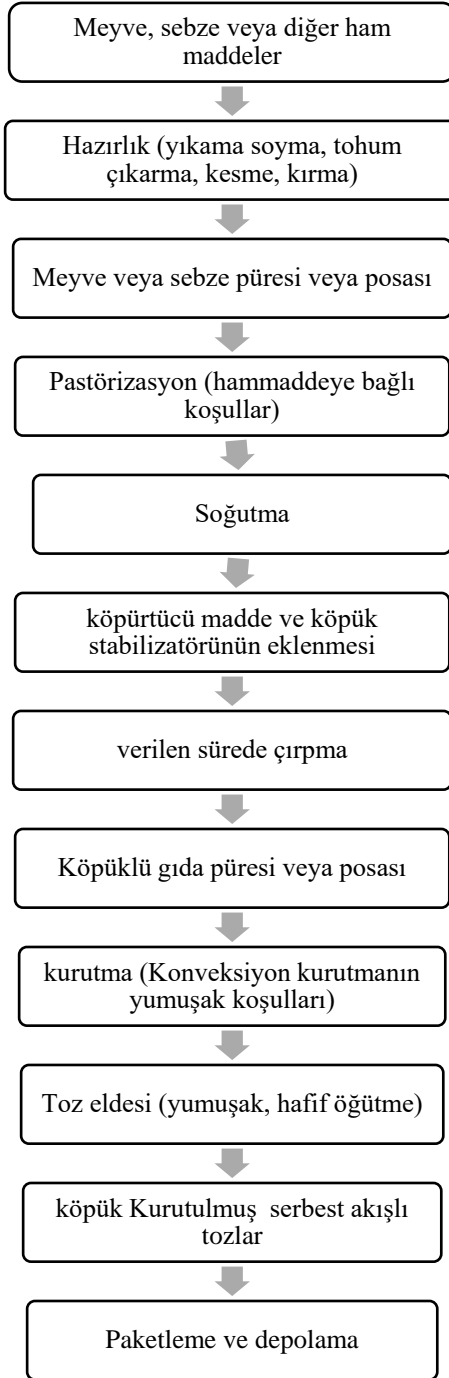
1.2. Köpük kurutma işleme tekniği

Köpük kurutma, sıvı gıdaların sabit köpükler halinde çırpıldığı ve ardından havayla kurutulduğu bir işlemdir. Isıtılmış havayla kurutma sırasında, hızlı kurumayı ve parçalanmayı basitleştirmek için köpüklerin sabit kalması ve tipik açık yapıyı koruması gerekir. Kurutma sırasında köpüklerin çökmesi durumunda bu istenmeyen özellik kuruma hızını artırır, ürün kalitesini düşürür ve bozulmasını engeller (Sankat & Castaigne, 2004).

Köpüklü kütlede bulunan büyük miktardaki gaz ısı transferini engellese de sıvı-gaz arayüzündeki büyük artış nedeniyle köpük kurutma işleminde kuruma derecesi oldukça yüksektir.

Ardışık köpük kabarcıkları katmanlarının periyodik olarak patlaması ve böylece kurutma ilerledikçe ısı ve kütle transferi için yeni yüzeylerin açığa çıkması nedeniyle kuruma birden fazla sabit oran periyodunda gerçekleşir (Kandsamy vd., 2012).

Köpüğün kurutulması, köpüğün açık yapısından dolayı yüksek hızda kuruma sağlar. Köpükle kurutulmuş malzemeler, uygun rehidrasyon ve uçucuların tutulması gibi arzu edilen özelliklere sahiptir (Jakubczyk et al., 2011). Kurutulmuş ürün daha sonra basit ve kolay öğütme ile ince toz haline dönüştürülerek serbest akışlı toz elde edilir (Şekil 1).



Şekil 1. Köpük kurutma sürecinin basit akış şeması

1.3. Köpüren Ajanlar

Köpürtücü ajan, iki sıvı arasındaki veya bir sıvı ile bir katı arasındaki yüzey gerilimini azaltan ve köpük oluşumunu kolaylaştıran bir yüzey aktif maddedir. İyi bir köpürtücü ajan, hava-su arayüzünde hemen adsorbe edilebilir, arayüzey gerilimini azaltabilir, arayüzde açılan proteinler arasında karşılıklı olarak etkileşime girebilir ve termal ve mekanik ajitasyonlara direnebilen güçlü bir yapışkan, visko-elastik film oluşturabilir.

Proteinler, iyi bir köpürme kabiliyeti ve hidrofobiklikleri ve hava-su arayüzünde hızlı adsorpsiyona izin veren olası konformasyonel yeniden düzenlemeleri sayesinde yüksek köpük stabilitesi sağlar ve bu da koherentelastik bir adsorbe edilmiş katman oluşumuna yol açar (Dickinson, 1998)

En çok kullanılan protein köpürtücü maddeler yumurta akı, jelatin, peynir altı suyu proteini, kazein ve soya proteini gibi süt proteinleridir.

Protein köpürtücü maddeler aşağıdaki davranışlara sahip olmalıdır:

- Köpükleri düşük konsantrasyonlarda etkili ve hızlı bir şekilde stabilize eder,
- Çeşitli gıdalarda bulunan pH aralığının üzerinde etkili performans gösterir,
- Yağ, alkol veya tatlandırıcı maddeler gibi köpük inhibitörlerinin bulunduğu ortamda verimli performans gösterir (Zayas, 1997).

1.3.1. Yumurta albümini

Yumurta akı veya yumurta beyazı, yumurtalarda bulunan ana proteindir. Çırpıldığında, proteinler arayüzde denatüre olur ve kararlı, viskoelastik arayüzey filmi oluşturmak için birbirleriyle etkileşime girerek köpük oluşumuna neden olur. YA'dan üretilen köpük hacimlidir ve bunun nedeni yumurta beyazında bulunan yüksek protein içeriği olabilir.

1.3.2. Peynir altı suyu proteini

Peynir altı suyu proteini, peynir yapım sürecinin bir yan ürünüdür. %25'ten fazla protein içeren peynir altı suyu proteini konsantresi (PSPK), 0,3 g/cm³ köpük yoğunluğu (KY) üretmek için yaklaşık 50 dakikalık çırpma süresi gerektirirken, YA köpüğü genellikle 20 dakikada elde edilir (Thuwapanichayanet al. 2012).

1.4. Köpük Stabilizatörleri

Köpük stabilizatörleri, köpüklerin stabilitesini artıran bileşenlerdir. Stabilizör olarak genellikle polisakkaritler kullanılır. Sulu çözeltinin koyulaştırıcı veya jelleştirici etkisi yoluyla köpük proteinlerinin stabilitesini artırabilirler (Klitzingand Müller, 2002). Karboksi Metil Selüloz (CMC) veya selüloz sakızı, birçok çalışmada kullanılan en yaygın köpük dengeleyicidir.

1.5. Köpüğün Özellikleri ve Kalitesi

Köpük kurutma prosesinde köpüğün özelliklerini belirlemede en yaygın kullanılan parametreler köpük genişmesi, köpük stabilitesi (ekspansiyon) ve köpük yoğunluğudur.

1.5.1. Köpük Genişmesi

$$\text{Köpük genişmesi}(\%) = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100$$

Burada V_1 , köpürtülmüş ürünün cm^3 cinsinden nihai hacmidir ve V_0 , ürünün cm^3 cinsinden ilk hacmidir.

1.5.2. Köpük Stabilitesi(Kararlılığı)

Köpük stabilitesi (kararlılığı), köpük hacmindeki azalmanın belirli zaman aralıklarında aşağıdaki ilişki kullanılarak ölçülmesiyle belirlenir.

$$\text{Köpük stabilitesi}(\%) = V_0 \frac{\Delta t}{\Delta V} \times 100$$

Burada ΔV , zaman aralığında meydana gelen köpüğün hacmindeki değişiktir.

1.5.3. Köpük yoğunluğu

Köpürtülmüş malzemenin (Meyve suyu/posa) yoğunluğu kütle ve hacme göre belirlenebilir ve g/cm^3 olarak gösterilebilir.

$$\text{Köpük yoğunluğu}\left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) = \rho \frac{V_0}{V_1}$$

ρ , malzemenin yoğunluğudur

(Meyve suyu/ posa)

1.6. Köpük Kurutma Sürecinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

➤ Başarılı köpük kurutma ve böylece yüksek kaliteli özelliklere sahip toz elde etmek için aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir, bu hususlar aşağıdaki gibidir:

➤ Köpüğün hem kurutucuya yükleme sırasında hem de kurutma sırasında çökmesini önlemek için mekanik ve termal olarak kararlı olması,

➤ Köpürme, köpürtülmüş ürünün ısı iletkenliğini azaltır bu nedenle köpüğün 0,1-0,5 cm ince bir tabaka halinde kurutulması gerekir,

➤ Bazı köpürtücü ajanlar ve stabilizatörler, köpüklü ürünlerin deneysel ve ekonomik özelliklerini değiştirerek değişikliklere neden olabilir. Mono-gliseridler beyazımsı, sütlü, doğal olmayan bir görünüm verir, Yüksek konsantrasyon köpürtülmüş ürünün viskozitesini artırır ve bu da köpürebilirliğini azaltır. Bu nedenle köpürtücü ajanlar ve stabilizatörler, hammadde özellikleri, proses parametreleri ve son kullanım özellikleri dikkate alınarak seçilmelidir,

➤ Köpürme koşulları ürünün tipine göre değiştirilebilir; oksijene duyarlı ürünler için yaygın çırpma tekniği uygulanamaz, nitrojen veya nitroz oksit gibi başka herhangi bir gaz katılabilir.

SONUÇLAR

Köpük kurutma işlemi, sıvı veya yarı sıvı hale dönüşebilen her türlü gıda maddesine uygulanabilir. Köpük kurutmanın hızlı (düşük sıcaklıkta) ve vakum, dondurarak kurutma ve püskürterek kurutma gibi diğer kurutma tekniklerinden daha ucuz olduğu ve kurutulan nihai ürünün yüksek kalite özelliklerine sahip olduğu bulunmuştur. Uygun köpürtücü ajanların ve stabilizatörlerin iyi bir şekilde seçilmesi, köpük yoğunluğu, köpük genişmesi, köpük stabilitesi, kurutma yöntemi, kurutma sıcaklığı gibi köpürme özelliklerinin doğru anlaşılması, proses optimizasyonu için, kalitesi yüksek, fiziksel ve besleyici özelliklerine sahip ürünler elde etmek için gereklidir.

Köpük kurutma işleminde daha fazla iyileştirme yapılması gerekmektedir ve köpük kurutma ile birlikte başka bir kurutma yönteminin kullanılması (hibrit teknikler), bu yenilenen metodun gıda endüstrisinde benimsenmesini yoğunlaştıracaktır.

KAYNAKÇA

- Dickinson, E. (1998). Proteins at interfaces and in emulsions Stability, rheology and interactions. *Journal of Chemical Society, Faraday Trans. 94*: 1657-1669
- Eisner, M.D., Jeelani, S.A.K., Bernhard, L. & Windhab, E.J. (2006). Stability of foams containing proteins, fat particles and nonionic surfactants. *Chemical Engineering Science*, 62, 1974, 1975, 1976.
- Jakubczyk, E., Gondek, E. & Tambor, K. (2011). Characteristics of selected functional properties of apple powders obtained by the foam-mat drying method, food process engineering in a changing world. *In proceedings of the 11th International Congress on Engineering and Food*, pp.1385-1386.
- Kandasamy, P., Varadharaju, N., Kalemullah, S., & Moitra, R. (2012). Preparation of papaya powder under foam-mat drying technique using egg albumin as foaming agent. *Int J Bioc. Resource Stress Manag.*;3:324–331.
- Klitzing, R.V. & Müller, H.J. (2002). Film stability control. *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.*7: 42-49
- Sankat, C.K., & Castaigne, F. (2004). Foaming and drying behaviour of ripe bananas. *LWT - Food Science and Technology*. Volume 37, Issue 5, August 2004, Pages 517-525.
- Thuwapanichayanan, R., Prachayawarakorn, S., & Soponronnarit, S. (2012). Effects of foaming agents and foam density on drying characteristics and textural property of banana foams. *LWT- Food Science and Technology*, 47: 348-357.

Zayas, J.F. (1997). Foaming properties of proteins. In: J.F. Zayas (ed.), *Functionality of Proteins in Food* (pp. 260-309). Springer - Verlag Berlin Heidelberg.

BÖLÜM 8

TOPRAK KARAKTERİZASYONUNDA UZAKTAN ALGILAMA KULLANIMI: TOPRAĞIN ARAŞTIRILMASINDA YENİ YÖNTEMLER

**Öğr. Gör. Dr. Zekeriya KARA¹, Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ²,
Öğr. Gör. Dr. Yüstra İNCİ³**

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Üniversite-Sanayi Kamu İşbirliği Geliştirme, Uygulama ve Araştırma Müdürlüğü (ÜSKİM) Merkezi, zkara@ksu.edu.tr
ORCID:0000-0001-7855-4968

² Harran Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, ORCID:0000-0002-4727-8283

³ Harran Üniversitesi/Organize Sanayi Bölgesi Meslek Yüksekokulu/Gıda İşleme Bölümü/Gıda Teknolojisi ORCID: 0000-0002-9740-0013

GİRİŞ

Toprak, karmaşık ve tam anlamıyla kavranması zor olan heterojen bir doğal kaynaktır. Bu karmaşık sistemi daha iyi anlamak, toprağın kimyasal, fiziksel, mineralojik ve biyolojik özelliklerinin belirlenmesi ile mümkündür. Geçmişten günümüze kadar toprak özelliklerini belirlemek için birden çok yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemlerden bir tanesi yoğun insan gücü ve kimyasal madde kullanarak toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerin belirlenmesi olmuştur. Toprak özelliklerinin geleneksel analiz yöntemler ile belirlenmesi insanoğlu için uzun ve pahalıya mal olmaktadır. Bu durum araştırmacıları maliyeti düşük, güvenilir, hızlı ve kolay sonuçlar elde edilebilen yeni teknikler geliştirmeye zorlamıştır. Toprak özelliklerinin belirlenmesinde uzaktan algılama tekniklerinin uygulanabilirliği 1960'lı yıllarda başlamıştır. Bu tarihten günümüze kadar uzaktan algılama teknikleri toprak biliminde güvenilirliğini artırmıştır (Nanni, 2006; Brown, ve ark., 2006).

Veri toplama teknolojisindeki ilerlemeler ve veri işleme teknikleri, uzaktan algılamanın yeteneklerini büyük ölçüde geliştirmiştir. Günümüzde, uzaktan algılama çeşitli uygulamalarda kullanılmakta ve sadece renkli görüntüler değil, aynı zamanda yer yüzeyi hakkında nicel bilgiler de sağlamaktadır. Uzaktan algılama; nesnelere, alanlar veya olgular hakkında bilgi elde etmenin bilimsel ve sanatsal yöntemi olarak tanımlanır (Campbell ve Wynne, 2011). Bu, nesne ile sensör arasında doğrudan temas olmayan cihazlarla elde edilen verilerin analizi yoluyla bilgi elde etmeyi içerir. Elektromanyetik radyasyonu, nesne ile sensör

arasında bir araç olarak kullanarak büyük alanların hızlı bir şekilde kapsanmasını ve önceden görülemeyen verilerin ortaya çıkmasını sağlar. Uzaktan algılama alanı, elektromanyetik radyasyon ile madde arasındaki etkileşimi yakalayıp normalde insan gözü tarafından görünmeyen verilerin görselleştirilmesini sağlar. Bu "görünmez" verilerin mekansal bir genel bakışını sunar ve önceden erişilemeyen olguların değerlendirilmesine ve analizine imkan tanır. Genel olarak, uzaktan algılama, toprak çevresinin uzaktan değerlendirilmesi ve haritalanması için güçlü bir araç sunar. Nicel bilgilerin toplanmasına imkan verir ve çeşitli bilimsel ve pratik uygulamalara katkıda bulunan değerli bir mekansal perspektif sunar.

Toprakların uzaktan algılama ilkeleri ve analitik prensipleri laboratuvar koşullarında kullanılanlarla benzerlik gösterse de, uzaktan algılama ortamı, kaynaktan hedefe ve sensöre olan elektromanyetik radyasyon etkileşimi nedeniyle ilave zorluklar oluşturmaktadır. Atmosfer, doğrudan uzaktan algılamayı engelleyen önemli bir rol oynar. Ayrıca, sensörün düşük sinyal-gürültü oranı (SNR) ve spektral çözünürlük kapasiteleri, yüzeyin sadece üst 50 µm'sini algılaması gibi sınırlamalar, özellikle tüm toprak profilinin önemli olduğu durumlarda toprakların uzaktan algılamasında önemli zorluklar oluşturur. Diğer sınırlamalar arasında çift yönlü etkiler, sensör geometrik bozulmaları ve veri toplama maliyetleri bulunur. Bu engeller, toprakların nicel uzaktan algılamasını engellemenin yanı sıra görevi daha karmaşık hale getirir.

Toprak yansıma spektrumları görünür-yakın kızılötesi-kısa dalga kızılötesi (VIS-NIR-SWIR) bölgesinde karmaşık ve genellikle ileri

spektral analiz yöntemleri gerektirir. Topraklara yakın kızılötesi (NIR) analizi uygulanırken, analiz edilen spektrumun saf toprak bileşenlerini yansıttığından emin olmak son derece önemlidir ve sanal etkilerin oluşmasına izin verilmemelidir. Toprakların tamamen nicel olarak uzaktan algılanmasını sınırlayan faktörler olsa da, bu faktörlerin anlaşılması yeni olguların geniş alanlarda hızlı bir şekilde değerlendirilmesine ve izlenmesine olanak sağlar. Uzaktan algılama, toprak özellikleri hakkında doğru ve nicel bilgi sağlayabilirse, toprak üretimi, çevresel dinamikler ve toprak verimliliği, su kapasitesi gibi diğer önemli faktörlerde karar verme süreçlerini büyük ölçüde geliştirebilir. Toprakların nicel uzaktan algılanması, çiftçilere alan bazında güncel kimyasal ve fiziksel bilgileri sağlayarak hassas tarıma katkıda bulunabilir. Uzaktan algılama teknolojisi ve veri işleme tekniklerindeki son ilerlemeler, keskin çalışmalar tarafından kanıtlandığı gibi, toprakların nicel uzaktan algılanmasının başarılı bir hedef olduğunu göstermektedir.

Son yıllarda, spektro-radyometreler, insansız hava araçları (drone'lar) ve uydu görüntüleri gibi uzaktan algılama yöntemleri toprak özellikleri ve bileşimi hakkında önemli bilgiler elde etmede kilit rol oynamıştır.

Spektro-radyometreler, hiperspektral sensörler olarak da bilinen cihazlar, geniş bir dalga boyu aralığında yansıyan veya yayılan elektromanyetik ışınım miktarını ölçebilen cihazlardır. Spektro-radyometreler, yeryüzünün ayrıntılı spektral imzalarını yakalayıp toprak bileşimi, nem içeriği, organik madde ve mineraloji ile ilişkili benzersiz spektral özellikleri belirleme ve analiz etme imkanı sağlar.

Bu araçlar, yüksek çözünürlükte veriler ve ince spektral çözünürlük ile hassas ve lokal toprak karakterizasyonu için kullanışlıdır.

Drone'lar veya insansız hava araçları (UAV'lar), uzaktan algılama sensörleri ile donatılmış olarak toprak karakterizasyonunda da önemli bir yere sahiptir. Bu maliyet olarak etkin platformlar, yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etme ve çok spektral veya termal görüntüleme gibi çeşitli veri türlerini toplama esnekliği sunar. Drone'lar hızla geniş alanları tarayabilir ve toprak özellikleri (dokuları), nem, sıkışma ve erozyon gibi ayrıntılı bilgileri elde edebilir. Ayrıca, gerçek zamanlı izleme ve talebe bağlı veri toplama imkanı sağlar, bu da tarım yönetimi veya arazi kullanım planlamasında hızlı karar verme imkanı sunar.

Dünya yörüngesindeki yer gözlem uydularından elde edilen uydu görüntüleri, geniş bölgelerde toprak karakterizasyonu konusunda geniş bir perspektif sunar. Çok spektralli veya hiperspektral sensörlere sahip uydu sistemleri, düzenli aralıklarla veri toplar ve toprak dinamikleri ve değişikliklerinin uzun vadeli izleme ve analizi için olanak sağlar. Bu görüntüler, bölgesel veya küresel ölçekte toprak özelliklerinin değerlendirilmesini mümkün kılarak geniş bir mekansal kapsama alanı sunar. Uydu tabanlı uzaktan algılama, arazi yönetimi uygulamaları, çevre izleme ve politika oluşturma süreçlerine bilgi sağlayabilen, arazi örtüsü sınıflandırması, toprak verimliliği, bozulma ve erozyon gibi büyük ölçekli desenlerin incelenmesi için özellikle yararlıdır.

Spektro-radyometrelerin, drone'ların ve uydu görüntülerinin yeteneklerini kullanarak, uzaktan algılama yöntemleri toprak

karakterizasyonu konusunda değerli bilgiler sunar ve bilim insanları, araştırmacılar ve uygulayıcıların toprak kaynaklarını daha iyi anlamalarını ve yönetmelerini sağlar. Bu teknolojiler, toprak özellikleri hakkında temel verileri toplamak için kimyasal kullanmadan, verimli ve maliyet olarak etkin yaklaşımlar sunar ve sürdürülebilir arazi kullanımı planlaması, tarım yönetimi, çevre koruma ve çeşitli ölçeklerde afet müdahalesi konularında yardımcı olur. Uzaktan algılama teknolojileri toprak bilimi ile entegre oldukça, toprak ekosisteminin daha iyi anlaşılmasında ilerlemelere yol açacaktır.

Uzaktan Algılama Tekniği

Uzaktan algılama tekniğinin uygulanması dört temel ilkeye dayanmaktadır (Şekil 1). Bunlar; elektromanyetik enerji, atmosferik geçiş koridoru, elektromanyetik enerjinin soğurulması ve yansıyan ya da yayılan elektromanyetik enerjinin algılandığı algılama düzenekleri ile onları taşıyan platformlardır (Curran, 1985; Altınbaş, 2003).

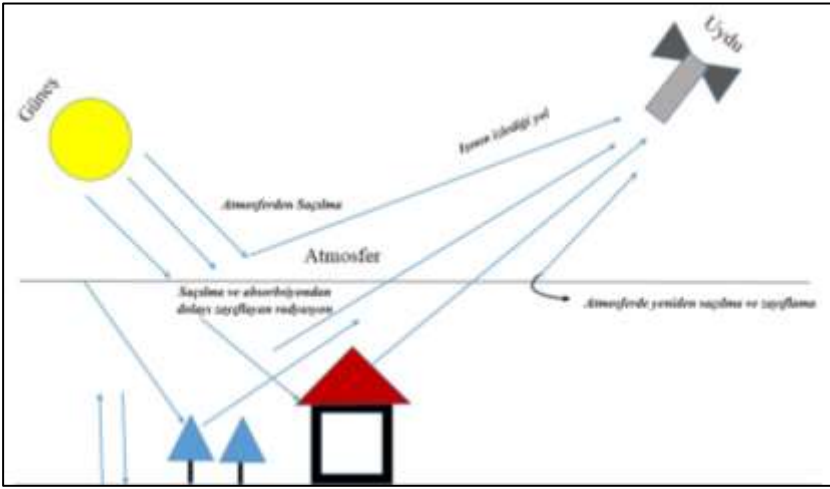
Elektromanyetik ışınım, atomlardan çeşitli şekillerde ortaya çıkan enerji türleri ve bunların yayılma şekilleri, elektromanyetik tayf olarak adlandırılır (Şekil 2). Elektromanyetik ışınımın iki karakteristik özelliği, uzaktan algılama konusunda büyük öneme sahiptir. Bunlar, dalga boyu ve frekanstır. Elektromanyetik enerjinin parçacık karakteri, Planck tarafından açıklanmıştır.

$$c = \lambda * \nu$$

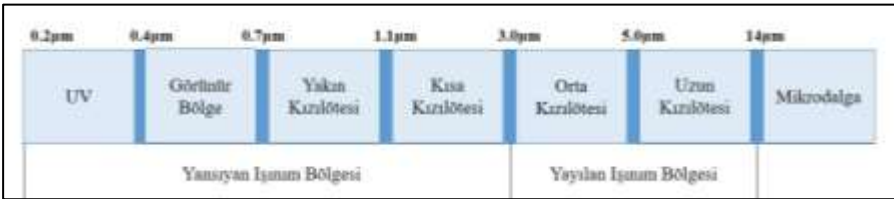
$$E = h * \nu$$

$$E = h \frac{c}{\lambda}$$

Burada c ışık hızı, λ dalga boyu, ν frekans (saniyedeki hız Hz) ve h Planck sabiti E ise tek bir foton için dalga formunun taşıdığı enerjidir. Elektromanyetik enerjinin cisimlerle olan etkileşimi parçacık formunda kuantum teorisi ile açıklanır ve enerji denklemi ile matematiksel olarak ifade edilir (Sunar ve ark., 2011).



Şekil 1. Uzaktan algılama tekniğinin temel ilkeleri (Örmeci, 1987)



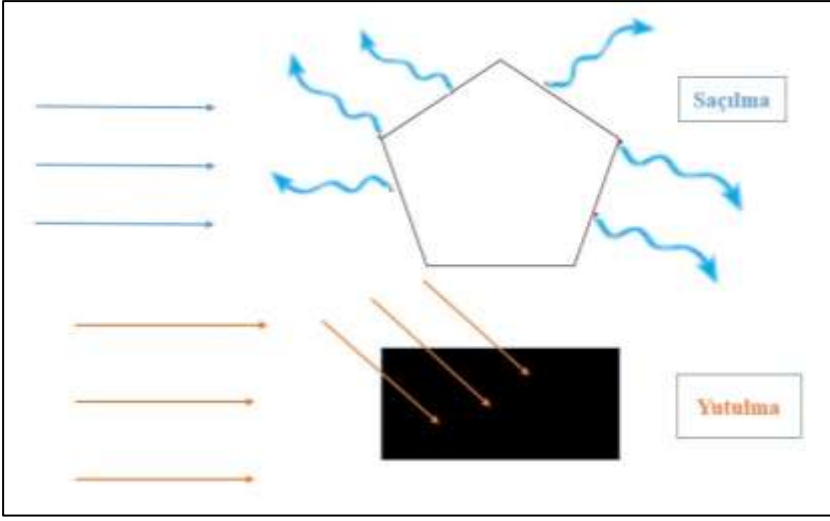
Şekil 2. Elektromanyetik spektrum (Novgorodova, 2015)

Elektromanyetik spektrumda; gama, X-ışınları ve Ultraviyole ışınları atmosfer tarafından enerjileri emildiği için uzaktan algılamada kullanılmazlar. Görünür bölge ve kızılötesi ışınları atmosferde

yutuluma maruz kalmadıkları için uzaktan algılama tekniğinde kullanılır. Yakın kızılötesi bölgesindeki yansıma, yaprak dokusunun hücresel yapısından kuvvetli bir şekilde etkilenmektedir. Bu özelliğinden dolayı bitkilerin analizinde kullanılır. Suyun emme ve bitkilerin yansıma özelliği nedeniyle (0.76-0.90 μ m) kıyı haritacılığına olanak sağlamaktadır. Ayrıca canlı kütlelerin (0.76-0.90 μ m) belirlenmesinde, iğne ve yayvan yapraklı ağaçların birbirinden ayırt edilme imkânı vermektedir. Kısa kızılötesi (1.1-3 μ m), toprak ve bitkilerin içerdiği nemin belirlenmesini sağlayan özelliklere sahiptir. Orta kızılötesi (3-5 μ m), uzun dalga kızılötesi (5-14 μ m) kadar sıhhatli olmamakla beraber termal sıcaklıkları tespit etmektedir (Lillesand ve ark., 2004). Uzun dalga kızılötesi (5-14 μ m), termal analizlerde kullanılır.

Elektromanyetik Enerji - Atmosfer Etkileşimi

Elektromanyetik ışınımın atmosferden geçerken gazlar ve partiküller ile etkileşime geçer. Bu etkileşim sonucu elektromanyetik ışınımın saçılım ve/veya yutulmuş özellik gösterirler. Elektromanyetik ışınımın cisimler ile etkileşimi Şekil 3'de görsel olarak verilmiştir.



Şekil 3 Elektromanyetik ışınımın cisimler üzerindeki etkileşimi

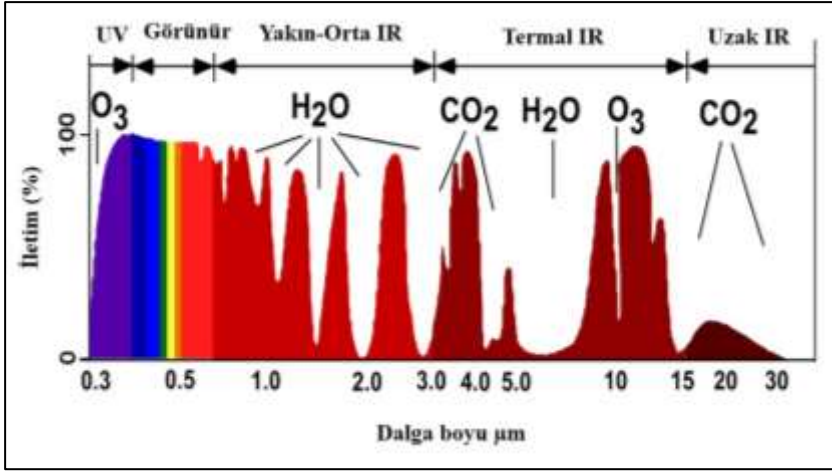
Elektromanyetik ışınım atmosferdeki gaz molekülleri tarafından bazı spektral aralıklarda güçlü bir şekilde yutuluma maruz kalır (Aggarwal, 2003). Yutulunun başlıca sebebi üç tip gazdır. Bunlar, ozon, karbondioksit ve su buharıdır. Ozon; ultraviyole spektrumunda ve termal bölgede, karbondioksit; orta-termal ve uzak kızılötesi bölgelerde, Su buharı; daha çok yakın-orta ve termal-IR bölgede güçlü bir şekilde yutulum yapmaktadır (Şekil 4).

Saçılım, elektromanyetik ışınların atmosferde asılı halde duran partiküller ve/veya atmosferik gazlar tarafından yönünün değiştirilmesi olarak tanımlanır (Şekil 3). Bu yön değiştirme ile algılayıcı tarafından algılanan nesnelere gerçek spektral bilgileri değişime uğramaktadır. Saçılımın miktarı, havadaki partiküllerin boyutuna, yoğunluğuna, ışınımın dalga boyuna ve atmosferde kat ettiği yolun optik derinliğine bağlıdır (Aggarwal, 2003). Teorik olarak saçılım, saçılıma maruz kalan

elektromanyetik ışınının dalga boyuna, saçılıma neden olan partiküllerin boyutuna bağlı olarak 3'e ayrılır (Gupta, 2018). Bunlar sırası ile seçmesiz saçılım, mie saçılım ve rayleigh saçılımıdır.

Seçmesiz saçılım; partikül boyutlarının elektromanyetik ışınının dalga boyundan daha büyük olduğu durumlarda ortaya çıkar. Bu saçılımın en büyük nedeni havada asılı su tanecikleri ve toz parçacıklarıdır (Şahin, 2008). Mie saçılımı; ışınının dalga boyu ile partikül boyutları aynı olması durumunda ortaya çıkmaktadır. Bu saçılımın temel nedeni atmosferde bulunan gaz karışımları, su buharı ve toz partikülleridir. Rayleigh saçılımı, küçük dalga boylu taneciklerin ışınım dalga boyundan daha küçük olduğu durumlarda ortaya çıkmaktadır. Uzaktan algılamada rayleigh saçılımı önemlidir.

Elektromanyetik spektrumun, atmosferik gazlar tarafından yutulmuş yapılan bölgeleri yutulmuş bantları olarak tanımlanır. Yutulmuş bantlarının aksine elektromanyetik spektrumda, çeşitli dalga boylarına yutulmuş az veya olmadığı bölgeler vardır. Bu bölgelere, atmosferik pencere denir (Şekil 4). Algılayıcılar, atmosferik pencerelerin 1 veya birkaç noktasında çalışacak şekilde tasarlanarak yeryüzünden bilgi toplamasına yardım olur. Şekil 4'de görüldüğü üzere görünür bölge ve kızılötesinin farklı dalga boylarında elektromanyetik enerjinin herhangi bir molekülle etkileşime geçmeden geçiş yaptığı alanları temsil etmektedir. Ayrıca elektromanyetik enerjinin atmosfer geçirgenliği en yüksek görünür bölgede (0.4-07µm) olduğu görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Atmosferik pencere

UZAKTAN ALGILAMA TEKNOLOJİLERİ

1-Spektrometri

Spektrometrik teknikler laboratuvar ortamında toprak örneklerinin analiz edilmesi ve özelliklerinin kantitatif olarak belirlenmesi için kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda, toprak örnekleri toplanır ve laboratuvara getirilir, burada özel spektrometrik cihazlar kullanılarak analiz edilir (Şekil 5).



Şekil 5. Spektrometre ile laboratuvar ortamında toprak yansımalarının elde edilmesi

Spektroradyometrik analiz, toprak örnekleri ile elektromanyetik radyasyon arasındaki etkileşimin, genellikle görünür (VIS), yakın kızılötesi (NIR) ve bazen kısa dalga kızılötesi (SWIR) gibi farklı dalga boylarında ölçülmesini içerir. Bu ölçümler, farklı dalga boylarında yansıyan ışığın yoğunluğunu temsil eden toprak yansıma spektrumlarını oluşturur.

Toprak yansıma spektrumlarının analiz edilmesiyle, çeşitli toprak özellikleri kantitatif olarak belirlenebilir. Bu özellikler arasında organik madde içeriği, mineral kompozisyonu, nem içeriği, besin seviyeleri ve toprak tekstürü gibi parametreler yer alabilir. Spektral bilgileri belirli toprak özellikleriyle ilişkilendirmek için, çok değişkenli regresyon analizi veya makine öğrenme algoritmaları gibi farklı istatistiksel analiz teknikler, kantitatif modeller ve algoritmalar geliştirilir.

Laboratuvar tabanlı kantitatif toprak spektroskopisi, deneysel koşulları hassas bir şekilde kontrol etme, cihazları kalibre etme ve referans ölçümler kullanarak modelleri doğrulama gibi birçok avantaj sunar. Bu, toprak özelliklerinin değerlendirilmesi için sağlam ve doğru bir yöntem sağlar ve toprak verimliliği yönetimi, hassas tarım, çevre izleme ve arazi kaynakları planlaması gibi çeşitli uygulamalarda kullanılabilir.

Genel olarak, laboratuvar ortamında yapılan kantitatif toprak spektroskopisi, toprak özelliklerinin anlaşılmasının ilerlemesinde ve toprak yönetimi uygulamalarının geliştirilmesinde önemli bir rol oynar. Bu, toprak bilimcileri, agronomistleri ve çevre araştırmacıları için kontrol edilebilir ve kantitatif bir şekilde toprak örneklerini incelemek ve analiz etmek için değerli bir araç olarak hizmet verir.

Toprak ve toprak spektrumu karmaşık olup, fiziksel teoriler veya modeller kullanılarak yansıma özelliklerinin tahmin edilmesini zorlaştırır. Fiziksel modeller, yansıma spektrumunu mineral bolluklarına dönüştürebilme potansiyeline sahip olsa da, bu yaklaşım doğrudan toprak sistemlerine uygulanabilir değildir, çünkü toprak sistemlerinde kromoforlar arasındaki karmaşık ilişkiler ve teorik modeller ile gerçeklik arasındaki farklılıklar bulunmaktadır. Sonuç olarak, toprak spektrumundan kimyasal ve fiziksel bilgi çıkarmak için deneysel nicel yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu deneysel yöntemler, yansımanın transmisyonla eşdeğer olduğu ve fotonların emilim katsayıları ve malzeme konsantrasyonlarına dayalı olarak Beer yasasını takip ettiği varsayımına dayanmaktadır (Bendor-Banin, 2002).

Toprak spektroskopisi, elektromanyetik ışınların farklı dalga boyları veya spektral bantlar boyunca toprak örnekleriyle etkileşimini ölçmeyi içeren bir tekniktir. Beer-Lambert yasası veya Beer yasası olarak da bilinen Beer-Lambert yasası, spektroskopide bir maddenin konsantrasyonu ile ışığın bu madde tarafından soğurulması arasındaki ilişkiyi açıklamak için kullanılan temel bir prensiptir.

Beer-Lambert yasası, bir örneğin soğurulduğu maddenin konsantrasyonu (C) ve ışığın örnekleme geçtiği yol uzunluğu (l) ile doğru orantılı olarak örneğin soğurulması (A) olduğunu ifade eder. Matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$A = \epsilon cl$$

Burada:

A = Soğurma

ϵ = Molar soğurma veya yok olma katsayısı (soğuran maddenin ve ışığın dalga boyuna özgü bir sabit)

c = Soğuran maddenin konsantrasyonu

l = Yol uzunluğu

Toprak spektroskopisinde, Beer-Lambert yasası, spektral tepkilerine dayanarak belirli toprak özelliklerinin veya bileşenlerinin konsantrasyonunu tahmin etmek için uygulanabilir. Prensip, belirli bir aralık içinde soğurma ile konsantrasyon arasında doğrusal bir ilişki olduğunu varsayar. Toprak spektroskopisinde Beer-Lambert yasasını kullanmak için öncelikle toprak örnekleri toplanır ve spektral analiz için hazırlanır. Örnekler daha sonra spektrometre veya spektrofotometre gibi araçlar kullanılarak spektroskopik ölçümlere tabi tutulur, bu ölçümler farklı dalga boyları boyunca ışığın yansımaları veya soğurulmaları şeklinde gerçekleşir.

Kalibrasyon modelleri, ölçülen spektral verileri ilgilendığımız toprak özelliklerinin referans laboratuvar ölçümleriyle ilişkilendirilerek geliştirilir. Kısmi en küçük kareler regresyonu (PLSR) veya destek vektör makineleri (SVM) gibi çoklu regresyon teknikleri, bu kalibrasyon modellerini oluşturmak için yaygın olarak kullanılır. Kalibrasyon modelleri oluşturulduktan sonra, yeni toprak örneklerinin soğurma spektrumları ölçülebilir ve ilgilenilen konsantrasyonlar veya özellikler, Beer-Lambert yasası ve kalibrasyon denklemleri kullanılarak tahmin edilebilir.

Görülebilir ve Yakın kızılötesi yansıma analizi (Visible and Near Infrared Reflectance Spectroradiometer; VNIRS) olarak da adlandırılan nicel laboratuvar yöntemi, tahıllardaki nemin hızlı bir şekilde analiz edilmesi için geliştirilmiştir. VNIRS, bitki örtüsünün uzaktan algılanması ve karmaşık karışımlar da dahil olmak üzere çeşitli disiplinlerde yaygın olarak kabul görmektedir. Bu yöntemde, bir bileşenin konsantrasyonunun bir dizi absorpsiyon özelliğinin lineer kombinasyonuna orantılı olduğu varsayılır. Yöntem deneyseldir ve spektroskopi prensiplerine dayanır. VNIRS yaklaşımı, kalibrasyon ve doğrulama olmak üzere iki aşamadan oluşur. Kalibrasyon aşamasında, eğitim örneklerinin spektral ve fiziksel/kimyasal özelliklerine dayanarak bir tahmin denklemi geliştirilir. Doğrulama aşamasında bu denklem, bilinmeyen örnekler üzerinde test edilerek tahmin performansı değerlendirilir. VNIRS konsepti laboratuvar ortamında başarıyla toprağa, toprak minerallerine ve organik toprak malzemelerine uygulanmıştır (Bendor-Banin, 2002). VNIRS yaklaşımı kullanılarak yapılan toprak analizinde, hem spektral hem de mekansal yönler önemli rol oynar. Mekansal alan, saha noktalarının ilgili görüntülerle hassas bir şekilde kaydedilmesini ve harita üzerinde temsil edilmesini sağlar, spektral alan ise hedef sınıflandırması için önemli olan detaylı fizikokimyasal bilgi sağlar. Uzaktan niceliksel algılama analizi için yüksek çözünürlüklü spektral veriler elde etmek hala bir zorluktur. Taşınabilir saha spektrometreleri veya dijital sensör cihazları yüksek spektral bilgiyi yakalayabilir, ancak toprak özelliklerinin mekansal değişimini haritalamak için doğru yer konumu bilgisine ihtiyaç duyulur. Yer pozisyon sistemi (GPS) kullanarak mekansal ve

spektral özelliklerin entegrasyonu, VNIRS analizinin kalibrasyon ve doğrulama adımları için hassas konum bilgisi sağlar. Kimyasal değerlerin görüntü ve zemin üzerinde doğru bir şekilde tahsis edilmesi, güvenilir tematik haritalar oluşturmak için önemlidir. Bu bilgiler, spektral tabanlı modeller veya coğrafi bilgi sistemlerinde (GIS) jeostatistiksel modellerde kullanılır, verilerin interpolasyonu ve nicel olarak düzeltilmiş toprak özellikleri haritalarının üretilmesi sağlanır, bu da çiftçiler veya hükümet yetkilileri gibi son kullanıcılar için değerlidir (Bendor-Banin, 2002).

Yakın kızılötesi bölge, elektromanyetik spektrumun 350 ile 2500 nanometre (nm) aralığındaki dalga boylarını kapsar. Bu bölgedeki ışık, toprak örnekleriyle etkileşime girerken, topraktaki organik ve mineral bileşenler tarafından emilir, saçılır ve yansır. Bu etkileşimler, toprak özellikleriyle ilişkili olan spektral özelliklerin ortaya çıkmasına neden olur. Toprak ve yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi, birkaç temel adımdan oluşur:

1. Örnek Hazırlığı: Toprak örnekleri uygun şekilde temizlenir, kurutulur ve homojen bir formda öğütülür. Bu, toprak bileşenlerinin VNIR ışınlarıyla etkileşimini optimize etmeyi amaçlar.
2. Spektral Ölçümler: Hazırlanan toprak örnekleri, bir VNIR spektrometreyle analiz edilir. Spektrometre, farklı dalga boylarında topraktan yansıyan veya saçılan ışığı algılar ve bununla ilgili bir spektrum elde eder.

3. Kalibrasyon: Elde edilen spektral veriler, toprak özellikleri veya bileşenleriyle ilişkilendirilir. Referans laboratuvar ölçümleri kullanılarak kalibrasyon modelleri oluşturulur. Bu modeller, spektral verilerle toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak tanımlar.

4. Tahmin: Kalibrasyon modelleri kullanılarak, yeni toprak örneklerinin spektral verileri analiz edilir ve toprak özellikleri veya bileşenleri tahmin edilir. Bu, örneğin toprak organik madde içeriği, toprak pH değeri, toprak tekstürü gibi parametrelerin tahminini içerir.

Toprak ve yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi, hızlı, hassas ve ekonomik bir yöntemdir. Birkaç saniye içinde bir örneğin spektral verilerini elde etmek mümkündür ve bu verilerin analizi genellikle otomatikleştirilebilir.

Spektral Modelleme

Toprak spektro-radyometre kullanarak, toprak örneklerinin spektral verilerini elde edebilir. Bu verileri analiz etmek ve toprak özelliklerini tahmin etmek için kısmi en küçük kareler regresyonu (Partial Least Square Regression, PLSR) gibi bir çoklu regresyon tekniği kullanılabilir. PLSR, toprak spektroskopisi verilerini kullanarak toprak özelliklerinin tahmininde etkili bir yöntemdir. PLSR, spektral veriler ve ilgilenilen toprak özellikleri arasındaki doğrusal ilişkiyi modellemek için yaygın olarak kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. Bu yöntem, spektral verilerin çoklu değişkenlerini, toprak özelliklerinin tahminine en uygun şekilde ilişkilendiren doğrusal bir model oluşturur.

PLSR, aşağıdaki adımları içeren bir süreci takip eder:

1. Eğitim Verisi Toplama: İlgilenilen toprak özelliklerinin laboratuvar ölçümlerini içeren bir eğitim veri seti oluşturulur. Bu özellikler örneğin toprak organik madde içeriği, pH değeri, nem içeriği, tuzluluk olabilir. Aynı örneklerden spektral veriler de toplanır.

2. Veri Ön İşleme: Spektral veriler ön işleme adımlarıyla düzenlenir. Bu adımlar arasında arka plan düzeltme, dalga boyu hizalaması, gürültü giderme gibi işlemler yer alabilir. Verilerin normalize edilmesi de bazen yapılabilir.

3. PLSR Modelinin Oluşturulması: Eğitim veri seti üzerinde PLSR modelini eğitilir. Bu model, spektral veriler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi yakalamak için spektral değişkenleri ve toprak özelliklerini birleştirir.

4. Modelin Doğrulanması: Oluşturulan PLSR modelini doğrulamak için ayrı bir doğrulama veri seti kullanılır. Bu veri setindeki spektral verilerle model beslenir ve toprak özellikleri tahmin edilir. Tahmin edilen değerler gerçek laboratuvar ölçümleriyle karşılaştırılarak modelin doğruluğu değerlendirilir.

5. Modelin Uygulanması: Doğrulama sürecinden sonra, PLSR modelini kullanarak spektral veriler analiz edebilir ve toprak özellikleri tahmin edilebilir. Yeni toprak örneklerinin spektral verileriyle model beslenerek, ilgilenilen özellikler tahmin edilebilir.

Toprak spektro-radyometresi kullanıldığında, spektral verilerin analiz edilmesi ve toprak özelliklerinin tahmin edilmesi için doğrusal olmayan

modelleme teknikleri de uygulanabilir. Doğrusal modeller (örneğin Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu - PLSR) yoluyla yeterince temsil edilemeyen spektral değişkenler ile toprak özellikleri arasındaki karmaşık ilişkileri yakalayabilen doğrusal olmayan modelleme yöntemleri de vardır. Toprak spektroskopisinde yaygın olarak kullanılan birkaç doğrusal olmayan modelleme tekniği:

1. Yapay Sinir Ağları (YSA): YSA, biyolojik sinir ağlarının yapısı ve işleyişi tarafından ilham alınan bir makine öğrenimi yaklaşımıdır. Birbirine bağlı düğümlerden (sinir hücreleri) oluşan katmanlar şeklinde organize edilir. YSA, giriş (spektral veriler) ve çıkış (toprak özellikleri) değişkenleri arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri yakalayabilir ve daha esnek bir modelleme sağlar.

2. Destek Vektör Makineleri (DVM): DVM, hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modelleme için kullanılabilen güçlü bir makine öğrenimi tekniğidir. Giriş verilerini daha yüksek boyutlu bir özellik uzayına eşlemleyerek farklı sınıfları ayırmak veya sürekli değişkenleri tahmin etmek için optimal bir hiper düzlem bulmaya çalışır. DVM'ler, çekirdek fonksiyonlarının kullanılmasıyla doğrusal olmayan ilişkileri ele alabilir.

3. Rastgele Ormanlar (RO): RO, tahminler yapmak için birden çok karar ağacının birleştirildiği bir topluluk öğrenme yöntemidir. Her karar ağacı, veri ve özelliklerin rastgele bir alt kümesi üzerinde eğitilir ve son tahmin, bireysel ağaçların tahminlerinin birleştirilmesiyle elde edilir. RO, spektral değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri ve

etkileşimleri yakalayabilir ve daha doğru toprak özellik tahminleri sağlar.

Toprak Yansıması ve Spektral İmzalar

Toprak spektral imzaları, toprakların farklı dalga boylarında yansıttığı veya emdiği ışığın benzersiz özelliklerini ifade eder. Her toprak tipi, mineral kompozisyonu, nem içeriği, organik madde miktarı ve diğer faktörler nedeniyle farklı spektral imzalara sahip olabilir. Spektral imzalar, toprak özelliklerini belirlemek, toprak türlerini sınıflandırmak ve toprak değişimlerini izlemek gibi birçok uygulamada kullanılabilir. Toprak spektral imzaları, toprak yüzeyinden yansıtılan veya emilen elektromanyetik ışığın dalga boyuna göre yoğunluğunun grafiksel bir temsilidir. Spektral imzalar genellikle yakın kızılötesi (NIR), kızılötesi (IR), görünür (VIS) ve ultraviyole (UV) spektrum bölgelerinde analiz edilir. Bu spektral bölgelerdeki dalga boyları, toprak bileşenleriyle etkileşime girerek farklı spektral imzalar oluşturur.

Toprak spektral imzalarının analizi, spektral bantlardaki değişikliklere dayanır. Örneğin, organik madde içeriği yüksek olan topraklar, yakın kızılötesi bölgelerde daha yüksek emilim gösterirken, mineral içeriği yüksek olan topraklar daha fazla yansıma sergileyebilir. Bu nedenle, spektral imzalar, toprak bileşenlerinin belirlenmesi ve toprak özelliklerinin tahmin edilmesi için kullanılabilir. Spektral imzaların analizi, toprak sınıflandırması, toprak özelliklerinin tahmini, toprak erozyonunun izlenmesi, bitki sağlığının değerlendirilmesi ve tarımsal yönetim kararlarının desteklenmesi gibi birçok uygulamada faydalı olabilir. Bu analizler genellikle istatistiksel yöntemler, spektral

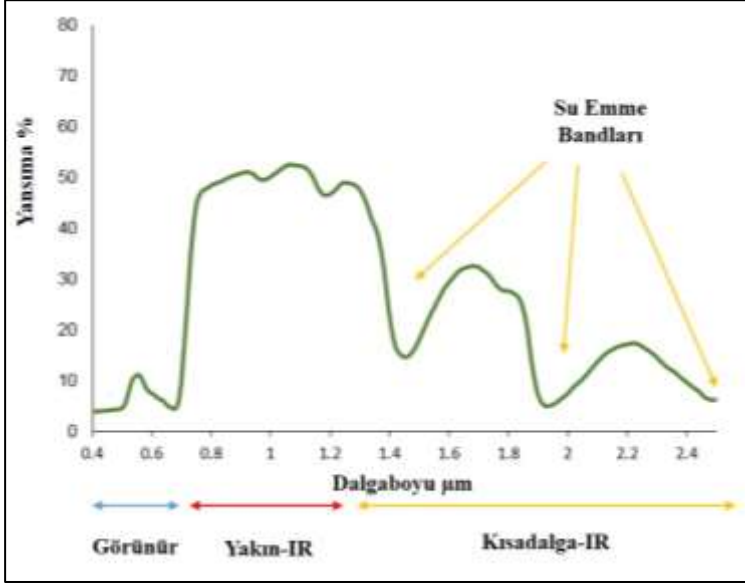
indeksler, kalibrasyon modelleri veya makine öğrenimi algoritmaları kullanılarak gerçekleştirilir.

Toprak spektral imzaları, toprak özelliklerinin hızlı ve etkili bir şekilde belirlenmesine yardımcı olabilir. Ancak, analizlerin doğruluğunu artırmak için doğru kalibrasyon modelleri ve iyi bir referans veri setine ihtiyaç duyulur. Ayrıca, toprak spektral imzalarının yorumlanması ve uygulanması, uzman bilgisi ve saha doğrulamasıyla birleştirilmelidir.

Topraklar; içerdikleri su, organik madde, demir oksitler, mineralojik bileşim, suda çözünebilir tuz ve karbonatlar, toprak strüktürü ve toprak rengi gibi özellikler sayesinde farklı spektral yansıma değerleri verirler (Altınbaş ve ark., 2001). Genel olarak toprakların spektral özelliği toprak nem içeriğine, toprağı oluşturan minerallerin cinsine ve miktarına ve organik madde içeriğine bağlı olarak değişkenlik gösterir (Sunar ve ark., 2011).

Nagler ve ark. (2000), kuru ve yaş olmak üzere farklı toprak (6 tip) çeşitleri üzerin de yürüttükleri çalışmada, topraklardaki suyun azalmasına bağlı olarak yansıma da artışların olduğunu belirtmişlerdir. Toprak su içeriğinin belirlendiği bir çalışmada, topraktaki suyun artışına bağlı olarak yansımaların azaldığını bildirmişlerdir (Whiting ve ark., 2004). Başka bir çalışmada, toprak nem içeriğindeki en yüksek tahmini değerleri 1.4 μm ve 1.9 μm dalga boylarında elde etmişlerdir (Dematte ve ark., 2006; Viscarra Rossel, 2009; Ji ve ark., 2015) Toprak yansıtma eğrisinde dalga boyu tekdüze artarken, 1,4 μm , 1,9 μm ve 2,7 μm dalga boylarında eğrinin merkezi aşağıya doğru düşüş gösterir. Bu çökmeler su absorpsiyon bandları olarak isimlendirilir (Şekil 6). Toprak

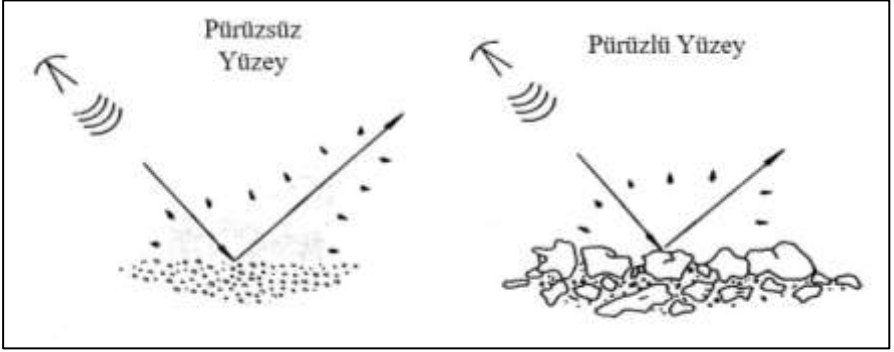
nem içeriği arttıkça aşağı doğru çöküş daha çok olacaktır. Toprak su miktarı yani nem miktarı arttıkça, su toprak parçacıklarını ince bir zar şeklinde kaplar ve boşluklar su ile doygun hale gelir ve buna bağlı olarak genel enerjinin emilmesine ve düşük yansımaya yapmasına neden olur. Teorik olarak, su ve minerallerin karışık bir sisteminde bu titreşimlerin kombinasyon modları, belirli dalga boylarında OH emilim özellikleri üretebilir. Bu dalga boyları yaklaşık olarak 0.95 μm (çok zayıf), 1.2 μm (zayıf), 1.4 μm (kuvvetli) ve 1.9 μm (çok kuvvetli) olarak belirtilir (Şekil 6).



Şekil 6. Toprakların spektral yansımaya eğrisi (Chuvieco, 2016)

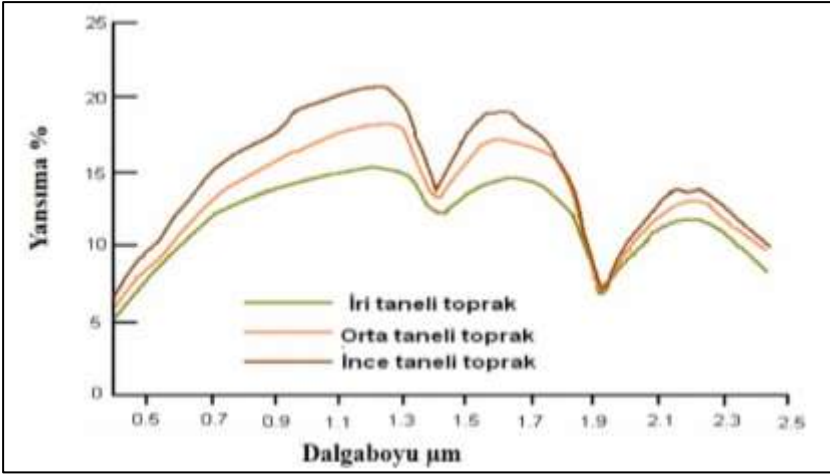
Toprak yüzeyine ulaşan bir ışınım ya yutulur ya da yansıtılır. Yüzeylerin spektral özelliği, yüzeyin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak farklı yutma ve yansıtma özellikleri gösterirler. Toprak yapısı Şekil 7'de görüldüğü üzere yansımaya önemli ölçüde

etkilemektedir. Yapısı iyi gelişmiş topraklar, yapısı gelişmemiş topraklara oranla gelen ışını daha fazla yansıtır (Stoner ve Baumgardner, 1981). Toprak yüzey pürüzlülüğünün azalmasına bağlı olarak, gelen ışınların daha fazla yansıtacağını belirtmiştir (Ekercin, 2007).



Şekil 7. Toprak yapısına bağlı yansımaya diyagramı

Farklı büyüklüğe sahip toprakların yansımaya diyagramı Şekil 8'de verilmiştir. Buna göre en fazla yansımaya ince taneli topraklarda görülür iken en düşük yansımaya oranı ise iri taneli topraklarda görülmüştür. Toprak tanecik boyutu azaldıkça yansımının artacağını belirtmişlerdir (Maktav ve Sunal 1991).

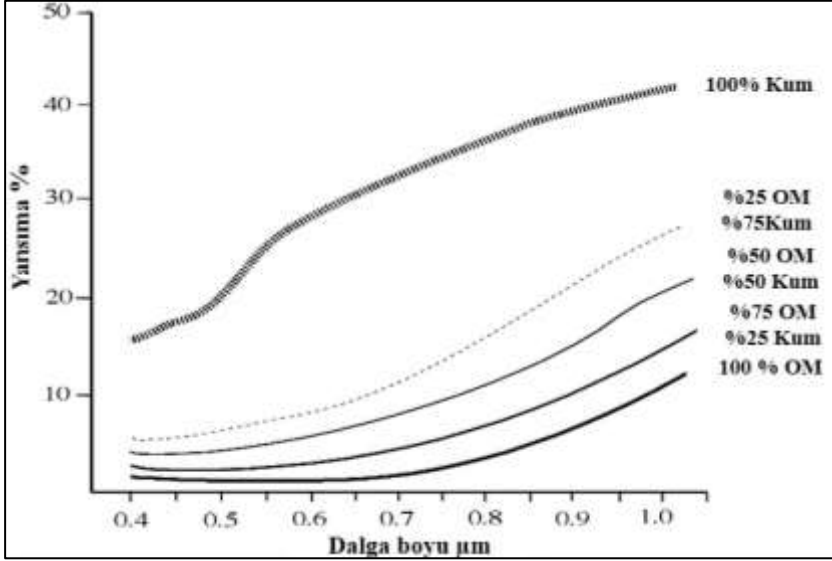


Şekil 8. Farklı büyüklükteki toprakların yansımaya diyagramı

Organik madde, toprak verimliliğini ve kalitesini doğrudan etkileyen en önemli toprak parametresidir (Kara ve ark., 2021; Kara ve ark., 2022a; Karadağ ve ark., 2022; Saltalı ve Kara, 2022; Aydemir ve Kara, 2023; Kara ve Aydemir 2023). Topraklarda su tutma (Kara ve ark., 2022b; Kara ve Yakupoğlu, 2023), besin döngüsü ve agregat oluşturma gibi işlevlerinden dolayı sürdürülebilir tarım için olmazsa olmazlardandır (Abaker ve ark., 2018). Bu sebeple toprak organik maddenin doğru bir şekilde belirlenmesinin önemi büyüktür (Gallardo ve ark., 1987).

Toprak özelliklerinden organik madde spektral yansımaları etkileyen en önemli değişkenlerden bir tanesidir. Organik madde topraklara koyu renk vermesinin yanı sıra toprakların nem içeriğini de artırır. Toprak organik madde içeriği ile elektromanyetik yansıma arasında ters bir ilişki vardır (Hoffer, 1969). Topraklarda artan renk koyulaşması gelen ışınların yansıma oranını düşürdüğünü belirtmiştir (Kondratyev ve ark.,

1978). Şekil 9'a bakıldığında topraklarda organik madde oranı arttıkça yansımanın düştüğü görülmektedir.



Şekil 9. Farklı oranlarda OM (Organik madde) içeriğine sahip toprakların yansıma diyagramı (Girard, 1989)

Kil mineralleri için özellikle smektit mineralleri için aktif olan üç ana spektral bölge vardır, bunlar yaklaşık olarak 1.3-1.4 μm , 1.8-1.9 μm ve 2.2-2.5 μm 'dir. Coyne ve ark. (1989), montmorillonit içindeki toplam demir içeriği ile 0.6-1.1 μm spektral aralıkta ölçülen soğurma arasında doğrusal bir ilişki belirlemiştir. Ben-Dor ve Banin (1995), 91 kurak toprakta yapılan spektrum analizleri ve çoklu doğrusal regresyon analizi kullanarak toplam demir içeriğinin (serbest ve yapısal demir dahil) 1.075, 1.025 ve 0.425 μm dalga boylarında tahmin edilebileceğini göstermiştir. Stoner (1979), 1.55-2.32 μm aralığındaki

yansıma ile topraktaki demir içeriği arasında güçlü bir ilişki bulmuştur. Ben-Dor ve Banin (1990) birkaç smektit mineralinin SWIR verileri üzerine bir NIRS algoritması uygulayarak toplam Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO ve SiO_2 içeriğini tahmin etmiştir. Başka bir çalışmada, Ben-Dor ve Banin, 1995 kil içeriği, spesifik yüzey alanı, katyon değişim kapasitesi, hidroskopik nem ve organik madde içeriği gibi toprak özelliklerini nicel olarak tahmin etme yeteneğini göstermiştir.

Toprak Özelliklerinin Tahmini

Dalal ve Henry (1986) Avustralya topraklarının yansıma spektrumlarından organik karbon, azot ve toprak neminin aynı anda tahmin edilebileceğini göstermiştir. Morra ve ark. (1991) 12 alt gruba ait toprak örnekleri üzerinde NIRS yöntemini uygulamış ve toprak yansıma spektrumlarından sadece toplam karbon ve azot içeriğini tahmin etmek için bir model oluşturmuştur. Şenol ve Akgül (2012), bazı toprak özelliklerini spektrometre tekniği ile belirledikleri çalışmada, tarla kapasitesi için $R^2=0.74$, kireç için $R^2=0.90$ ve değişebilir K için $R^2= 0.66$ oranı ile iyi sonuçlar elde ettiklerini belirlemişlerdir. VNIRS yöntemi ile toprak değişkenlerinden tuz içeriği için R^2 değerlerini 0.80 ile 0.91 arasında belirler iken (Bilgili ve ark., 2014) başka bir araştırmacı aynı yöntemle toprak özelliklerinden organik madde, kireç, tekstür ve yarayıslı K için iyi sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir (Budak ve Günal, 2015). VIS-NIRS yöntemi ile toprakların organik madde içeriklerinin belirlendiği çalışmalarda, $R^2= 0.88$ ile 0.91 arası (Malley ve ark., 2004), $R^2= 0.87$ (Chang ve ark., 2001), $R^2= 0.8$ (Shepherd ve Walsh, 2002), $R^2= 0.82$ (Brown ve ark.,

2006) ve $R^2= 0.74$ (Mouazen ve ark., 2007) olarak rapor etmişlerdir. Kamrunnahr ve ark. (2003), spektoradyometre ve geleneksel analiz yöntemi ile yürütülen çalışmada, her iki yöntemde elde edilen verilerin regresyon analiz sonucuna göre pH, OC, Kil ve gravimetrik nem içeriği için sırası ile $R^2 =0.73$, $R^2 =0.61$, $R^2=0.82$ ve $R^2=0.82$ 'lik bir başarı oranı elde etmişlerdir. Mouazen ve ark. (2010), Fransa ve Belçika ülkelerinden toplam 168 toprak örneğini görünür ve yakın kızılötesi spektoradyometre yöntemi ile yaptıkları çalışmada, toprak değişkenlerinden OC ve Mg için $R^2=0.84$, K, P ve N için ise $R^2=0.68-0.74$ arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. VIS-NIRS yönteminden elde edilen analiz sonuçlarının doğruluklarının yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Nduwamungu ve ark. (2009), 150 toprak numunesi ile yaptıkları çalışmada, toprak değişkenlerinden %kum, %kil ve azot için $R^2 \geq 0.90$ oranında başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Spektoradyometre yöntemi (400 toprak numunesi) ile gerçekleştirilen çalışmada, toprak değişkenlerinden organik karbon, %kil, KDK ve toprak nem miktarı gibi parametreleri belirlemede uygun bir yöntem olduğu bildirmişlerdir (Chang ve ark., 2005; McBratney ve ark., 2006). Spektoradyometre tekniği ile toprak özelliklerinden pH, KDK, K, Mg, Ca, Zn ve Fe gibi değişkenlerin analizinde oldukça olumlu sonuçlar elde ettiklerini rapor etmişlerdir. (Baumgardner ve ark., 1985; Dalal ve Henry, 1986; Chang ve ark., 2001; Shepherd ve Walsh, 2002; Malley ve ark., 2004; Viscarra Rossel ve ark., 2006; Cécillon ve ark., 2009).

VNIRS metodu toprakların fiziksel (Şenol ve Akgül, 2012), kimyasal (Bögrekçi ve Lee, 2007; Milos ve Bensa, 2017) ve biyolojik (Lazaar ve

ark., 2020) özelliklerini aynı anda tahminleme olanağı sunmuştur. Toprak özelliklerinin belirlenmesinde VIS ve NIRS metodlarının geleneksel yöntemlere göre daha kısa zaman, düşük maliyet, hızlı sonuç, kimyasal maddelerin kullanılmaması ve güvenilirliklerinin yüksek olmasından dolayı son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandığı bir çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Janik ve ark., 1998; Viscarra Rossel ve ark., 2006; Brown, 2007; Brunet ve ark., 2007; Minasy ve ark., 2008; Bellinaso ve ark., 2010; Oliveira ve ark., 2013; Zhang ve ark., 2018; Lazaar ve ark., 2020).

2- Uydu Görüntüleri

Uydu görüntülerinin, bölgesel ve küresel ölçekte toprak parametrelerinin karakterizasyonunda değerli araçlar olduğu kanıtlanmıştır.

Birçok çalışmada toprak parametrelerinin karakterizasyonunda uydu görüntüleri kullanılmıştır. Pasif mikrodalga radyometreler gibi uydu tabanlı sensörler, geniş alanlarda toprak nem içeriğini ölçebilir. Bu ölçümler, tarımsal planlama, sulama yönetimi ve kuraklık değerlendirmeleri için toprak nemindeki değişimleri izlemeyi sağlar (Lu ve ark. 2009). Uydu görüntüleri, arazi örtüsü değişikliklerini analiz etmek ve toprak erozyon desenlerini değerlendirmek için kullanılabilir. Farklı zamanlarda çekilen görüntülerin karşılaştırılmasıyla, erozyona yatkın alanlar tespit edilebilir ve toprak kaybının miktarı belirlenebilir. Bu bilgi, toprak koruma stratejileri ve arazi yönetimi uygulamalarının geliştirilmesine yardımcı olur (Yüksel ve ark., 2008; Bahrawi ve ark. 2016; Yakupoğlu ve ark., 2021; Dindaroğlu ve ark., 2022). Uzaktan

algılama teknikleri, toprak organik karbon (SOC) içeriğini dolaylı olarak tahmin edebilir. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) gibi uydu görüntülerinden elde edilen bitki örtüsü indeksleri, SOC seviyeleriyle ilişkilendirilebilir. Bu ilişkiler, büyük alanlarda SOC içeriğini haritalandırmaya olanak sağlar ve karbon tutma çalışmaları ve hassas tarım uygulamalarına yardımcı olur (Angelopoulou ve ark. 2019; Ding ve ark. 2023). Hiper-spektral ve termal sensörler de dahil olmak üzere uydu tabanlı sensörler, toprak tuzluluk seviyelerindeki farklılıkları tespit edebilir. Arazi yüzeyinin spektral yansıması veya termal özelliklerinin analiziyle, tuzluluktan etkilenen alanları haritalamak ve zaman içinde değişiklikleri izlemek mümkündür. Bu bilgi, tarım ve arazi rehabilitasyonu projelerinde tuzlulukla ilgili sorunları yönetmek için önemlidir (Çullu, 2003;Aydoğdu ve ark., 2014;Neto ve ark. 2017; Yu ve ark., 2022). Uzaktan algılama verileri, yer tabanlı ölçümlerle birlikte kullanılarak toprak pH seviyelerini ve verim durumunu tahmin etmek için kullanılabilir. Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI) gibi bitki örtüsü indeksleri, pH veya besin seviyeleri gibi toprak özellikleriyle ilişkilendirilebilir (Marzukhi ve ark. 2016).

Bu ilişkiler, değişen toprak verimliliğini gösteren haritaların oluşturulmasına olanak sağlar ve hassas tarım ve besin yönetimi uygulamalarına yardımcı olur. Uydu gözlemleri ile gerçek toprak özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek için genellikle arazi ölçümleri ve toprak numuneleri toplanır. Ayrıca, uydu görüntülerinin

çözünürlüğü, özellikle küçük ölçekli uygulamalar için, toprak parametrelerinin detaylı karakterizasyonunu sınırlandırabilir.

3-İnsansız Hava Araçları

İnsansız hava araçları (İHA'lar), aynı zamanda dronlar olarak da bilinir, yüksek çözünürlüklü görüntü yakalama ve veri toplama yetenekleri nedeniyle toprak karakterizasyonunda değerli araçlar haline gelmiştir. İHA'ların toprak karakterizasyonu için kullanılmasının bazı önemli yönleri şunlardır:

Yüksek çözünürlüklü kameralarla donatılmış İHA'lar, toprak yüzeyinin detaylı hava görüntülerini yakalayabilir. Bu görüntüler, toprak desenleri, tekstür farklılıkları, erozyon özellikleri ve diğer görsel toprak özellikleri hakkında değerli bilgiler sağlar. Yüksek çözünürlüklü görüntüleme, belirli bir alanda toprak özelliklerinin kesin haritalanması ve analizini sağlar (D'Oleire-Oltmanns ve ark. 2012; Menzies Puer ve ark. 2020). İHA'lar, elektromanyetik spektrum boyunca farklı bantlarda veri yakalayabilen multispektral veya hiperpektral sensörler taşıyabilir. Toprakların spektral yansımaları analiz ederek, organik madde içeriği, nem seviyeleri, besin konsantrasyonları ve pH gibi toprak özellikleri hakkında bilgi elde etmek mümkündür. Multispektral ve hiperspektral görüntüleme, ince mekansal çözünürlükte toprak parametrelerinin haritalanması ve nicelendirilmesine yardımcı olur (Zhou ve ark. 2023). İHA'ların üzerine monte edilen termal kameralar, toprak nem dağılımını değerlendirmek, su birikintisi olan alanları tespit etmek veya toprak sıcaklığındaki farklılıkları belirlemek için kullanışlı olabilir. Termal görüntüleme, sulama yönetimi, drenaj planlaması ve daha fazla

toprak araştırması için potansiyel ilgi alanlarının belirlenmesine yardımcı olabilir (Bertalan ve ark. 2022). İHA'lar, Hafif Algılama ve Mesafe Ölçümü (LIDAR) sensörlerle donatıldığında, toprak yüzeyinin yüksek doğrulukta üç boyutlu temsillerini oluşturabilir. LIDAR verileri, ayrıntılı sayısal yükseklik modelleri (DEM'ler) oluşturmak ve toprak yüksekliği, eğim ve yüzey pürüzlülüğü hakkında bilgi sağlamak için kullanılabilir (Hashemi-Beni ve ark. 2018). İHA'lar, hassas konumlandırma ve navigasyon yetenekleri sayesinde toprak örnekleme faaliyetlerine yardımcı olabilir. İHA görüntüleri veya sensör verilerine dayanarak belirli konumlardan toprak örnekleri toplandığında, araştırmacılar uzaktan algılama gözlemlerini doğrulamak ve toprak modellerini kalibre etmek için gerçek verilere sahip olabilir (Huuskonen ve Oksanen, 2018). İHA'lar tarafından toplanan veriler, uydu görüntüleri veya yer tabanlı ölçümler gibi diğer jeo-mekansal bilgilerle entegre edilerek kapsamlı toprak karakterizasyon modelleri oluşturulabilir. İleri veri analizi teknikleri, makine öğrenimi algoritmaları toplanan İHA verilerinin işlenmesi ve yorumlanması için uygulanabilir. Bu da daha doğru toprak parametre tahminleri ve haritalama imkanı sağlar (Tsouros ve ark. 2019).

İHA'ların toprak karakterizasyonu için kullanılması, maliyet etkinliği, veri toplama esnekliği ve uzak veya ulaşılması zor bölgelere erişim sağlama gibi birçok fayda sunar. İHA'ların tarım, çevre izleme, arazi yönetimi ve toprak bilimi araştırmaları gibi çeşitli alanlarda uygulamaları bulunur ve toprak yönetimi uygulamalarının ve kaynak korumasının iyileştirilmesine katkıda bulunur.

SONUÇ

Sonuç olarak, uydu görüntüleme, VNIRS ve insansız hava araçları (drone) gibi uzaktan algılama teknolojileri, toprak karakterizasyonunda kritik bir rol oynamaktadır. Bu teknolojiler, toprak özelliklerini anlama, toprak varyasyonlarını haritalama ve çeşitli alanlarda bilinçli karar verme süreçlerini destekleme konusunda değerli araçlar sağlar.

Uydu görüntüleri, geniş ölçekte bir perspektif sunar, geniş alanları yakalar ve arazi örtüsü, bitki örtüsü indeksleri ve toprak nem desenleri hakkında değerli bilgiler sağlar. Zaman içinde toprak erozyonu, arazi bozulması ve arazi kullanımı değişikliklerinin değerlendirilmesini mümkün kılar. Uydu görüntüleri, gelişmiş görüntü işleme teknikleriyle birleştirildiğinde ayrıntılı toprak haritaları oluşturmayı ve toprak desenlerini ve özelliklerini tanımlamayı sağlar.

VNIRS teknolojisi, toprak örneklerinin spektral yansımalarını analiz ederek toprak özelliklerini tahmin etmek için tahrip edici olmayan ve hızlı bir yaklaşım sunar. Toprak bileşimi, organik madde içeriği, besin konsantrasyonları ve nem seviyeleri hakkında bilgi sağlar. VNIRS analizi büyük ölçekli toprak karakterizasyonunda verimli bir şekilde kullanılabilir, bu da tarım, arazi kullanım planlaması ve çevre çalışmalarında toprak yönetimi uygulamalarının geliştirilmesine katkı sağlar.

İnsansız hava araçları (drone), yüksek çözünürlüklü görüntüleme, çoklu spektral ve hiper spektral görüntüleme, termal görüntüleme ve lidar teknolojisi gibi özelliklerle toprak karakterizasyonunda devrim

yaratmıştır. Drone'lar detaylı hava görüntüleri yakalayabilir, toprak yüzeyinin üç boyutlu temsillerini oluşturabilir ve yıkıcı olmayan ve verimli bir şekilde veri toplayabilir. Toprak özelliklerinin hassas haritalanmasını sağlar, toprak örnekleme faaliyetlerine yardımcı olur ve kapsamlı toprak karakterizasyon modelleri için çeşitli kaynaklardan verilerin entegrasyonunu sağlar.

Uydu görüntüleme, VNIRS analizi ve drone'ların birleşimi, toprak özelliklerini anlama, doğru toprak parametre tahminini ve haritalamayı kolaylaştırır ve sürdürülebilir toprak yönetimi uygulamalarını destekler. Bu uzaktan algılama teknolojileri, ucuz, esnek ve verimli bir şekilde toprak karakterizasyonuna farklı bir yaklaşım sunar, uzak veya erişilmesi zor olan bölgelere erişimi sağlar ve kaynak korumasına, çevresel izlemeye ve iyileştirilmiş tarım uygulamalarına katkıda bulunur.

KAYNAKLAR

- Abaker, W. E., Berninger, F., Saiz, G., Pumpanen, J., Starr, M. 2018. Linkages between soil carbon, soil fertility and nitrogen fixation in Acacia senegal plantations of varying age in Sudan. PeerJ, 6, e5232
- Aggarwal, S. 2003. Earth resource satellites. Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology, 39.
- Altınbaş, Ü., Kurucu, Y., Bolca, M. 2001. Ege Bölgesi ve Çevresinin 2000 Yılına Ait Pamuk Ekili Alanları ve Pamuk Ürün Rekoltesinin Uzaktan Algılama Tekniği-Uydu Verileri ile Saptanması Üzerine Araştırmalar. 2000 BİL 030 No'lu Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi. Bornova, İzmir.
- Altınbaş, Ü.K. 2003. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi uygulamalı temel kursu ders notları. Kampüs-Bornova/İzmir. Ege Üniversitesi
- Angelopoulou, T., Tziolas, N., Balafoutis, A., Zalidis, G., Bochtis, D. 2019. Remote sensing techniques for soil organic carbon estimation: A review. *Remote Sensing*, 11(6), 676.
- Aydemir, M., Kara, Z. 2023. Yumuşak Çekirdekli Meyve Yapraklarının Toprakların Bazı Özelliklerine Etkisi. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 7(1), 45-52
- Aydoğdu, M., Aydoğdu, M. H., Çullu, M. A. 2014. Farklı Tuz Seviyelerindeki Toprakların Pamuk Verimine Etkisinin Belirlenmesi Ve Uydu Verileriyle İlişkilendirilmesi (Şanlıurfa, Harran Ovası; İmambakır Sulama Birliği). *Electronic Turkish Studies*, 9(2).

- Bahrawi, J. A., Elhag, M., Aldhebiani, A.Y., Galal, H. K., Hegazy, A. K., Alghailani, E. 2016. Soil erosion estimation using remote sensing techniques in Wadi Yalamlam Basin, Saudi Arabia. *Advances in Materials Science and Engineering*,
- Baumgardner, M.F., Silva, L.R.F., Biehl, L.L., Stoner, E.R., 1985. Reflectance Properties of Soils. *Advances in Agronomy*, 38:1-44.
- Bellinaso, H., Demattê, J. A.M., Romeiro, S.A. 2010. Soil Spectral Library and Its Use in Soil Classification. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(3):861-870.
- Ben-Dor, E. 2002. Quantitative Remote Sensing Of Soil Properties. *Advances in Agronomy, Volume 75*. Copyright _C 2002 by Academic Press
- Ben-Dor, E., Banin, A. (1995). Near infrared analysis (NIRA) as a rapid method to simultaneously evaluate, several soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **59**, 364–372.
- Ben-Dor, E., Banin, A. 1990. Diffuse reflectance Spectra of smectite minerals in the near infrared and their relation to chemical composition. *Sciences Geologiques Bull.* **43**(2–4),117–128.
- Bertalan, L., Holb, I., Pataki, A., Négyesi, G., Szabó, G. 2022. Annamária Kupásné Szalóki, Szilárd Szabó, UAV-based multispectral and thermal cameras to predict soil water content – A machine learning approach, *Computers and Electronics in Agriculture*,200, 107262, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107262>.

- Bilgili, A.V., Çullu, M. A., Aydemir, S., 2014. Tuzdan Etkilenmiş Toprakların Yakın Kızılötesi Yansıma Spektrometre ve Elektromanyetik İndüksiyon Tekniği Yardımıyla Karakterize Edilebilme Potansiyelinin Araştırılması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18(1):33-46
- Bogrekci, İ., Lee, W.S., 2007. Comparison of Ultraviolet, Visible, and Near Infrared Sensing for Soil Phosphorus. *Biosystem Engineering*, 96(2):293-299.
- Brown D.J., 2007. Using a Global VNIR Soil-Spectral Library for Local Soil Characterization and Landscape Modeling in a 2nd-order Uganda Watershed. *Geoderma*, 140(4):444-453.
- Brown, D.J. Shepherd, K.D., Walsh, M.G., Mays, M.D., Reusch., T.G. 2006. Global soil characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. *Geoderma*, 132:273-290,
- Brunet, D., Barthès, B.G., Chotte, J.L., Feller, C. 2007. Determination of carbon and nitrogen contents in Alfisols, Oxisols and Ultisols from Africa and Brazil Using NIRS Analysis: Effects of Sample Grinding and Set Heterogeneity. *Geoderma*, 139(1-2):106-117.
- Budak, M., Günal, H., 2015. Standart Toprak Analizlerinin Belirlenmesinde Görülebilir-Yakın Kızılötesi Spektroskopisinin (VINRS) Kullanımı. GAP VII. Tarım Kongresi, 28 Nisan-1 Mayıs, Şanlıurfa 222.
- Campbell, J. B., Wynne, R. H. 2011. *Introduction to Remote Sensing*. Fifth edition, A division of Guilford Publications, Newyork, 718 p.

- Cécillon, L., Barthès, G., Gomez, C., Ertlen, D., Genot, V., Hedde, M., Stevens, A., Brun, J.J., 2009. Special Issue: Soil Inventory and Monitoring. *European Journal of Soil Science*, 60(5):770-784.
- Chang, C.W., Laird, D., Hurburgh, C.R. 2005. Influence of Soil Moisture on Near-Infrared Reflectance Spectroscopic Measurement of Soil Properties. *Soil Science*, 170(4):244-255.
- Chang, C.W., Laird, D.A., Mausbach, M.J., Hurburgh, Jr.C.R. 2001. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy- Principal Components Regression Analysis of Soil Properties. *Soil Science Society of America Journal*, 65:480-490.
- Chuvieco, E. 2016. *Fundamentals of Satellite Remote Sensing: An Environmental Approach*, NY: CRC Press.
- Coyne, L.M., Bishop, J. L., Sacttergood, T., Banin, A., Carle, G., Orenberg, J. 1989. Nearinfrared correlation spectroscopy: Quantifying iron and surface water in series of variably cationexchanged montmorillonite clays. *In* "Spectroscopic Characterization of Mineral and Their Surfaces" (L. M. Coyne, S. W. S. McKeever and D. F. Blake, Eds.), pp. 407-429. Washington D.C., American Chemical Society.
- Curran, J.P. 1985. *Principles of Remote Sensing*, Longman Scientific & Technical Press, New York.
- Çullu, M.A. 2003. Estimation of the effect of soil salinity on crop yield using remote sensing and geographic information system. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27(1), 23-28.

- Dalal, R.C., Henry, R.J. 1986. Simultaneous Determination of Moisture, Organic Carbon and Total Nitrogen by Near Infrared Reflectance Spectrophotometry. *Soil Science Society of America Journal*, 50:120-123.
- Dematte, J.A.M., Sousa, A.A., Alves, M.C., Nanni, M.R., Fiorio, P.R., Campos, R.C. 2006. Determining soil water status and other soil characteristics by spectral proximal sensing. *Geoderma*, 135: 179-195.
- Ding, M., Li, X., Jin, Z. 2023. Digital Mapping of Soil Organic Carbon Using UAV Images and Soil Properties in a Thermo-Erosion Gully on the Tibetan Plateau. *Remote Sensing*, 15(6), 1628.
- Dindaroğlu, T., Kılıç, M., Günal, E., Gündoğan, R., Akay, A. E., Seleiman, M. 2022. Multispectral UAV and satellite images for digital soil modeling with gradient descent boosting and artificial neural network. *Earth Science Informatics*, 15(4), 2239-2263
- D'Oleire-Oltmanns S, Marzloff I, Peter KD, Ries JB. 2012. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Monitoring Soil Erosion in Morocco. *Remote Sensing*. 4(11): 3390-3416. <https://doi.org/10.3390/rs4113390>
- Ekercin, S. 2007. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu ile Tuz Gölü ve Yakın Çevresinin zamana Bağlı Değişim Analizi, . Doktora Tezi, İTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, 182s.

- Gallardo, J. F., Saavedra, J., Martin-Patino, T., Millan, A. 1987. Soil organic matter determination. *Communications in soil science and plant analysis*, 18(6), 699-707.
- Girard, M.C. 1989. Caractéristiques Spectrales Des Sols En Fonction De Leurs Propriétés. 3 Ieme Coll. Int. Pédologie Et Télédétection Aiss Varsovic.
- Gupta, S., 2018, Active and Passive Remote Sensing. Remote Sensing & GIS Applications in Environmental Sciences, 3-4
- Hashemi-Beni L, Jones J, Thompson G, Johnson C, Gebrehiwot A. 2018. Challenges and Opportunities for UAV-Based Digital Elevation Model Generation for Flood-Risk Management: A Case of Princeville, North Carolina. *Sensors*. 18(11):3843. <https://doi.org/10.3390/s18113843>
- Huuskonen, J., Oksanen, T. 2018, Soil sampling with drones and augmented reality in precision agriculture, *Computers and Electronics in Agriculture*, 154, Pages 25-35, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.039>.
- Hoffer, R.M., Johansen C.J. 1969. Remote Sensing in Ecology. Geoforum, Univ. of Georgia Pres. Athens, 8 (1971).
- Janik, L.J., Merry, R.H., Skjemstad, J.O. 1998. Can Mid Infrared Diffuse Reflectance Analysis Replace Soil Extractions?. *Aust. J. Exp. Agric*, 38(7):681-696.
- Ji, W., Viscarra Rossel, R.A., Shi, Z. 2015. Accounting for the effects of water and the environment on proximally sensed vis-NIR soil spectra and their calibrations. *Eur. J. Soil Sci.* 66, 555-565

- Kamrunnahar, I., Singh, B., Mcbratney, A. 2003. Simultaneous estimation of several soil properties by ultra-violet, visible, and near-infrared reflectance spectroscopy. *Australian Journal of Soil Research*, 41 (6): 1101- 1114.
- Kara, Z., Yürürdurmaz, C., Çokkızgın, A., Keleş, H., Gönen, E. 2021. The effects of wheat straw used as mulch on some chemical properties of the soil and grain yield in durum wheat. *Elixir Agriculture*, 154, 55382-55386.
- Kara, Z., Yakupoğlu, T. 2023. Toprak Düzenleyici Olarak Kullanılan Bazı Organik Madde Kaynaklarının Nem Kapsamındaki Zamana Bağlı Değişimler. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(1), 95-104.
- Kara, Z., Aydemir, S., Saltalı, K. 2022b. Pirina Uygulaması İle Hafif Tekstürlü Toprakların Rehabilitasyonu. *MAS Journal of Applied Sciences*, 7(2), 316-325.
- Kara, Z., Aydemir, Z. 2023. Üzümsü Meyve Yaprak Atıklarının Toprak Sıkışmasına Etkisi. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(1), 158-166
- Kara, Z., Yürürdurmaz, C., Çokkızgın, A., Keskiner, A. D. 2022a. Buğday Sapları İle Üre Gübresinin Farklı Düzeylerde Uygulanmasının Toprakta ve Buğday Bitkisi Üzerine (*Triticum aestivum* L.) Etkilerinin Belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(3), 610-619.
- Karadağ, Y., Kara, Z., Reis, M., Yakupoğlu, T. 2022. Gıda Uygulamalarının Vertisol Toprağın Bazı Fiziksel Özellikleri ve

Mürdümük Veriminde Meydana Getirdiği Değişimler. *Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1), 1-10.

Kondratyev, K.Y., Vasilyev, O., Fedchenko, P. 1978. Experimental Identification of Soils From Their Reflection Spectra. *Soviet Soil Science*, 10(2), 215-226.

Lazaar, A., Mouazen, A.M., Hammouti, K.E., Fullen, M., Pradhan, B., Memon, M.S., Monir, A., 2020. The Application of Proximal Visible and Near-Infrared Spectroscopy to Estimate Soil Organic Matter on the Triffa Plain of Morocco. *International Soil and Water Conservation Research*, 8(2):195-204.

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley & Sons Pres. New York.

Lu, H., Koike, T., Ohta, T., Kuria, D. N., Yang, K., Fujii, H., Tsutsui, H., Tamagawa, K. (2009). Monitoring Soil Moisture from Spaceborne Passive Microwave Radiometers: Algorithm Developments and Applications to AMSR-E and SSM/I. In *Advances in Geoscience and Remote Sensing*. IntechOpen.

Maktav, D., Sunar, F. 1991. *Uzaktan Algılama Kantitatif Yaklaşım*. Hürriyet Ofset, İstanbul.

Malley, D.F., Martin, P.D., Ben-Dor, E., 2004. Application in Analysis of Soils. Chapter 26, p. 729-784. In C. A. Roberts, J. Workman, Jr., and J. B. Reeves III (eds). *Near-Infrared Spectroscopy in Agriculture*. Agronomy 44. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc. Publishers, Madison WI, USA.

- Marzukhi, F., Elahami, A.L., Bohari, S.N. 2016. Detecting nutrients deficiencies of oil palm trees using remotely sensed data. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 37, No. 1, p. 012040). IOP Publishing.
- Menzies Puer, E.G., Robinson, D.T., Meinen, B.U., Macrae, M.L. 2020, Pairing soil sampling with very-high resolution UAV imagery: An examination of drivers of soil and nutrient movement and agricultural productivity in southern Ontario, *Geoderma*, 379, 114630, ISSN 0016-7061, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114630>.
- McBratney, A., Minasny, B., Viscarra Rossel, R.V. 2006. Spectral soil analysis and inference systems: A powerful combination for solving the soil data crisis. *Geoderma*, 136, 272-278.
- Milos, B., Bensa, A., 2017. VIS-NIR Spektroskopisi Kullanılarak Toprak Organik Karbonunun Tahmini: Hırvatistan'dan Kırmızı Akdeniz topraklarına uygulama. *Eurasian Journal of Soil Science*, 6(4):365-373.
- Minasy, B., Mcbratney, A.B., Tranter, G., Murphy, B.W., 2008. Using of Soil Knowledge Fort He Evaluation of Mid-Infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy for Prediction Soil Physical and Mechanical Properties. *Eu. J. Soil Sci*, 59(5):960-971.
- Mouazen, A.M., Kuang, B., De Baerdemaeker, J., Ramon, H., 2010. Comparison Among Principal Component, Partial Least Squares and Back Propagation Neural Network Analyses for

- Accuracy of Measurement of Selected Soil Properties with Visible and Near Infrared Spectroscopy. *Geoderma*, 158:23-31.
- Mouazen, A.M., Maleki, M.R., Baerdemaeker, J., Ramon, H. 2007. On-line measurement of some selected soil properties using a VIS-NIR sensor. *Soil Tillage Res.*, 93:13-27, 2007.
- Morra, M. J., Hall, M.H., Freeborn, L.L. 1991. Carbon and nitrogen analysis of soil fractions using near-infrared reflectance spectroscopy. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* **55**, 288–291.
- Nagler, P.L., Daughtry, C.S.T., Goward, S.N. 2000. Plant litter and soil reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 71: 207-215.
- Nanni, M.R., Demattê, J.A.M. 2006. Spectral reflectance methodology in comparison to traditional soil analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70:393-407,
- Nduwamungu, C., Ziadi, N., Tremblay, G.F., Parent, L.É., 2009. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy Prediction of Soil Properties: Effects of Sample Cups and preparation. *Soil Science Society of America Journal*, 73:1896-1903.
- Neto, R.O.C.D., Teixeira, A.D.S., Leão, R.A.D.O., Moreira, L.C.J., Galvão, L.S. 2017. Hyperspectral remote sensing for detecting soil salinization using ProSpecTIR-VS aerial imagery and sensor simulation. *Remote Sensing*, 9(1), 42.
- Novgorodova, G. 2015. Concerning the light: remote sensing basics. Retrieved September 10, 2018, from <http://www.50northspatial.org/concerning-the-light/>

- Oliveira, J.F., Brossard, M., Vendrame, P.R.S., Mayi, S., Corazza, E.J., Marchao, L., Guimaraes, M.F. 2013. Soil Discrimination Using Diffuse Reflectance VIS-NIR Spectroscopy in a Local Toposequence. *Comptes Rendus Geoscience*, 345:446-453.
- Örmeci, C. 1987. Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri), İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- Saltalı, K., Kara Z, 2022. Effects of gyttja applications on some chemical properties of acidic soils. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(2), 374-379.
- Shepherd, K.D., Walsh, M.G. 2002. Development of Reflectance Spectral Libraries for Characterization of Soil Properties. *Soil Science Society of America Journal*, 66:988-998.
- Stoner, E.R., Baumgardner, M.F. 1981. Characteristic variations in reflectance of surface soils. *Soil Science Society of America Journal*, 45(6), 1161-1165.
- Stoner, E.R. 1979. Physicochemical, site and bi-directional reflectance factor characteristics of uniformly moist soils. Ph.D. Thesis, Purdue University.
- Sunar, F., Çoşkun, Ö., Osmanoğlu, B. 2011. Uzaktan Algılama [Remote Sensing], Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Şahin, M. 2008. Yer Yüzey Sıcaklığı, Atmosferik Nem Açıklığı ve Yağış Miktarının Uydu Verileri Kullanılarak Belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 153s.

- Şenol, H., Akgül, M., 2012. Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroskopisi (NIRS) ile Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18:197-213.
- Tsouros DC, Bibi S, Sarigiannidis 2019. PG. A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture. *Information*. 2019; 10(11):349. <https://doi.org/10.3390/info10110349>
- Viscarra Rossel, R.A., Walvoort, D.J.J., Mcbratney, A.B., Janik, L.J., Skjemstad, J.O., 2006. Visible, Near İnfrared, Mid İnfrared or Combined Diffuse Reflectance Spectroscopy for Simultaneous Assessment of Various Soil Properties. *Geoderma*, 131(1-2):59-75.
- Viscarra Rossel, R.V. 2009. The Soil Spectroscopy Group and the development of a global soil spectral library. *NIR News*, 20, 14-15.
- Whiting, M.L., Lin, L. ve Ustin, L.S., 2004. Predicting water content using Gaussian model on soil spectra. *Remote Sensing of Environment*, 89: 535-552.
- Yakupoglu, T., Gundogan, R., Dindaroglu, T., Kusvuran, K., Gokmen, V., Rodrigo-Comino, J., Gyasi-Agyei, Y., Cerdà, A. 2021. Tillage impacts on initial soil erosion in wheat and sainfoin fields under simulated extreme rainfall treatments. *Sustainability*, 13(2), 789.
- Yu, X., Chang, C., Song, J., Zhuge, Y., Wang, A. 2022. Precise monitoring of soil salinity in China's Yellow River Delta using UAV-borne multispectral imagery and a soil salinity retrieval index. *Sensors*, 22(2), 546.

- Yuksel, A., Gundogan, R., Akay, A. E. 2008. Using the remote sensing and GIS technology for erosion risk mapping of Kartalkaya dam watershed in Kahramanmaras, Turkey. *Sensors*, 8(8), 4851-4865.
- Zhang, X., Sun, X., Sun, Y., Sun, W., Cen, Y., 2018. Predicting Nickel Concentration in Soil Using Reflectance Spectroscopy Associated with Organic Matter and Clay minerals. *Geoderma*, 327:25-35.
- Zhou J, Xu Y, Gu X, Chen T, Sun Q, Zhang S, Pan Y. 2023. High-Precision Mapping of Soil Organic Matter Based on UAV Imagery Using Machine Learning Algorithms. *Drones*. 7(5):290. <https://doi.org/10.3390/drones7050290>

BÖLÜM 9

ANTEPFISTIĞININ BİYOKİMYASAL BİLEŞİMİ VE İNSAN SAĞLIĞI AÇISINDAN ÖNEMİ

Dr. Gözde NOGAY¹

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye.
gozdenogay@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-8740-2859

1. Antepfıstığının İnsan Sağlığı Açısından Önemi

Dünya’da nüfusun her geçen gün artması ile birlikte besin içeriği ve ekonomik açıdan önemli görülen bitkiler zamanla kültüre alınmaya başlamıştır. Dünyada kültürü yapılan en eski bitki türlerinden biri antepfıstığı (*Pistacia vera* L.)’dır (Kafkas, 2006). Antepfıstığının kültür formlarının gen merkezlerinin Anadolu, İran, Suriye ve Afganistan olduğu bilinmektedir (Tunalıoğlu, 2003; Karcı, 2022). FAO verilerine göre 2021 yılında dünyada 817.025 ha alanda 915.717 ton antepfıstığı üretildiği ve Türkiye, Dünyada en fazla antepfıstığı üretimi yapan ülkeler arasında 3. sıradayere almaktadır (FAO, 2023).

Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) yüksek ekonomik getirisinden dolayı altın ağaç olarak da bilinir. Antepfıstığı insan sağlığı ve beslenme açısından önemli bir besin kaynağıdır ve lezzet açısından da oldukça talep gören sert kabuklu bir meyve türüdür. Antepfıstığı çerez olarak tüketiminin yanı sıra; baklava, pasta, çikolata, dondurma, salam, sucuk, sosis gibi et ürünlerinin yapımında besin, renk ve lezzeti arttırmak amaçlarıyla kullanılan en çok tercih edilen ürünlerin başında gelmektedir (Tous ve Ferguson ,1996; Yahia, 2011).

Sert kabuklu meyveler çeşitli mineral ve vitamin bakımından zengin olmaları, aynı zamanda enerji kapasitesinin yüksek olması sebebiyle işçiler, zayıf bireyler ve sporcular için önerilen besinler arasındadır. Yenilebilen 100 g sert kabuklu yemişlerin sağladığı enerji değeri aynı miktarda tüketilen taze ve kurutulmuş meyvelerin enerjisinden daha yüksektir (Ayaz, 2012). Zengin protein, yağ ve yağ asitleri, vitamin, mineral ve antioksidan içeriğinden dolayı yüksek besleyici değere sahip ve lezzetli sert kabuklu meyvelerden biri olan antepfıstığı fonksiyonel

gıdalar arasında yer almaktadır (Seferoğlu ve ark., 2006; Tokuşoğlu, 2007).

100 gram antepfıstığında 594 kalori, 20.8 g protein, 51.6 g yađ ve 16.4 g karbonhidrat bulunmasına karşın hiđ kolesterol iğermemektedir. Ayrıca 500 mg fosfor, 1020 mg potasyum, 136 mg kalsiyum, 158 mg magnezyum, 7.3 mg demir, 5.2 mg vitamin E, 7 mg vitamin C, 0.62 mg vitamin B1, 0.20 mg B2 ve 1.45 mg nikotinamid bulunmaktadır (Tunalıoğlu ve Tařkaya, 2003). Buna ek olarak antepfıstığının bileşiminde ortalama % 5.6 su, % 19.6 protein, % 53.2 yađ, % 19 karbonhidrat, % 2.2 lif ve % 2.6 kül vardır (Ferguson et al., 1998; Zheng 2011). Antepfıstığı meyvesi fındık, badem ve yerfıstığı gibi yağlı meyvelerle karşılaştırıldığında karbonhidrat, protein ve kalori değerleri bakımından birinci, yađ oranı ağısından ise fındıktan sonra ikinci sıradadır. Ayrıca, antepfıstığı tüketimeinin kan şekerinin yükselmesini önlediği ve kandaki kolesterol düzeyini dűřürüp kalp krizi riskini azalttığı belirlenmiştir (Tunalıoğlu ve Tařkaya, 2003). Antepfıstığı meyvelerinin gıda ve farklı endűstri kollarında değerlendirilmesinin yanında sakızlarının özellikle son yıllarda anti-viral, anti-insektisit, anti-mikrobiyal, antifungal, anti-kanser özelliklerine sahip olduğu da bilimsel olarak ispatlanması nedeniyle tıbbi ilađ olarak da kullanılmaktadır (Rezaei ve ark, 2011).

2.Biyokimyasal Bileşimi

2.1.Antepfıstığı Yağ İçeriği

Antepfıstığı %50-62 oranıyla, doymamış yağ asitleri bakımından zengin yağ içeriğine sahip olup, sterol miktarı ve antioksidan kapasitesi de oldukça yüksektir (Yıldız ve ark., 1998).

Karbon-karbon (-C-C-) bağları tek bir kovalent bağdan oluşan yağ asitleri doymuş yağ asitleri olarak isimlendirilir. Bunlar karboksil grubundan başka fonksiyonel grup içermediğinden yağ asitleri içerisinde kimyasal olarak en az reaktif yağ asitleridir. Karbon zinciri üzerinde çeşitli konumlarda, karbon-karbon arasında bir veya daha fazla kovalent çift bağ içeren yağ asitleri doymamış yağ asitleri olarak isimlendirilir. Yapılarındaki çift bağ nedeniyle, doymamış yağ asitleri doymuş yağ asitlerinden kimyasal olarak daha reaktiftir. Oleik, palmitoleik, linoleik, linolenik, araşidik ve gadoleik asit bilinen doymamış yağ asitlerindedir (Nas vd. 1998).

Antepfıstığı meyveleri yüksek yağ içeriğine sahip olup doymamış yağ asitleri bakımından oldukça zengindir. Toplam doymamış yağ asitleri oranı ise %87, doymuş yağ asitleri oranı ise %13'tür (Yıldız ve ark., 1998). Tekli doymamış yağ asitlerinin günlük kalorinin yaklaşık %20'sini karşılayabileceği belirtilmektedir (Tokuşoğlu, 2007). Oleik asit antepfıstığındaki en önemli doymamış yağ asitlerinden biridir. Antepfıstığındaki yağ asitlerinin %50'sinden fazlasını oluşturmaktadır (Çağlar ve ark., 2017). Çoklu doymamış yağ asitlerinin ise günlük kalorinin yaklaşık %10'unu sağlayabileceği bildirilmektedir (Tokuşoğlu, 2007).

Antepfıstığı'nın ortalama yağ içeriği %58.94 olarak saptanırken, en fazla bulunan yağ asitleri sırasıyla oleik asit (%67.30), linoleik asit (%17.83), palmitik asit (%9.65), stearik asit (%2.94), palmitoleik asit (%2.04) ve linolenik asit (%0.26) olarak saptanmıştır (Pala ve ark., 1994).

2.2. Antepfıstığı Fenolik Bileşik İçeriği

Bitkiler, büyüme ve gelişmede doğrudan etkili olan ve olmayan çok çeşitli organik bileşikler üretmektedir. Primer metabolitler (nükleotitler, amino asitler ve organik asitler) bitkinin yaşamsal işlevlerinde doğrudan etkiliyken, sekonder metabolitler ise bitkinin yaşamsal işlevi bakımından doğrudan etkili olmayan bileşiklerdir. Sekonder metabolitler bitkilerin zararlılara, hastalıklara, olumsuz çevre koşullarına karşı dayanıklılık oluşturmaları ve bazı yabancı otlara karşı allelopatik etki göstermesinden dolayı bitkinin yaşamsal işlevi açısından en az primer metabolitler kadar önemlidir (Seigler, 1998; Akula ve Ravishankar, 2011). Sekonder metabolitlerden biri olan fenolik bileşiklerin, özellikle aktif olarak büyüyen hücrelerde, tohumlar, çiçekler, yapraklar, dallar ve gövde gibi bitkilerin tüm dokularında bol miktarda bulunduğu bildirilmiştir (Burns ve ark, 2001).

Fenolik maddelerden olan antosiyaninler ve flavonoidlerin antep fıstığı'nın en önemli antioksidan bileşenlerinden olduğu ayrıca bu bileşenlerin de özellikle antepfıstığı'nın tohum kabuğu kısmında yoğunlaştığı bildirilmektedir (Blomhoff ve ark, 2006; Seeram, 2006). Antepfıstığı zengin fenolik bileşenlerin kaynağı olmasından dolayı eşsiz bir fonksiyonel gıda olarak düşünülebilir. Buna ilaveten yüksek antioksidan potansiyele sahip olan en iyi 50 gıda arasında yer almaktadır (Halvorsen ve ark., 2006). Gentile ve ark. (2007), antepfıstığı

ekstraktlarından polifenolik bileşikler olan trans-resveratrol, proantosiyanidinler ve daidzein ile genistein gibi önemli miktarda izoflavonlar izole etmişlerdir. Ayrıca antepfıstıkları kavrulduktan sonra izoflavonlar hariç diğer biyoaktif moleküllerin miktarında belirgin bir şekilde azalma görülmüş ve toplam antioksidan aktivitenin yaklaşık %60 oranında azaldığını tespit etmişlerdir.

Birçok araştırma sonucu, antepfıstığının yeşil ve kırmızı kabuklarında çok fazla fenolik bileşiğin bulunduğunu ve bu maddelerin yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğunu göstermiştir. Garavand ve ark., (2017) ‘Kallequchi’ çeşidinin yeşil kabuğunda bulunan en fazla fenolik bileşikler sırasıyla gallik asit, naringenin, kateşin, sinapik asit, pkumarik asit, vanilik asit ve floroglusinol olduğunu saptamışlardır. Karaoglu ve Tarhan (2022) yürüttükleri bir çalışmada, farklı antepfıstığı çeşitlerinin kırmızı ve yeşil kabuklarında çeşitli fenolik bileşiklerin varlığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, antepfıstığı kabuğunda 13 flavonoid saptamışlardır. Bu flavonoid bileşiklerin büyük kısmını sırasıyla kursetin, kateşin, mirisetin ve kaempferol oluşturmaktadır. Ayrıca, antepfıstığı kabuğunda yüksek miktarda fenolik asitlerde rapor edilmiştir. Bunlardan ise başlıca fenolik asitler gallik ve benzoik asitler olduğu saptanmıştır.

2.3. Antepfıstığının Vitamin İçeriği

Antepfıstığı meyvelerinin A, B1, B2, B3, B6, folik asit, C ve E vitaminleri yönüyle yeterli kabul edildikleri, Siirt ve Uzun çeşitlerinin kırmızı ve sert kabuklu meyvelerinde ise ortalama 1.28 mg/100g B1 vitamini, 0.16 mg/100g B2 vitamini, 1.50 mg/100mg niasin bulunduğu saptanmıştır (Pala, 1994). Bunun ek olarak, antepfıstığı, birçok sert

kabuklu meyve türünün yapısında yer almayan ya da çok az bulunan askorbik asidi (C vitamini) de yüksek oranda (30 mg/100 g) içermektedir (Shi ve ark., 2010). Benzer şekilde yüksek oranda E vitamini içerdiği, bu nedenle kalp kasları için yararlı olduğu da ifade edilmektedir (Koch, 2011).

KAYNAKÇA

- Akula, R., & Ravishankar, G. A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant signaling & behavior*, 6(11), 1720-1731.
- Ayaz, A., 2012. Yağlı tohumların beslenmemizdeki yeri. Sağlık Bakanlığı, Yayın No: 727, 2. Baskı, Ankara
- Blomhoff, R., Carlsen, M.H., Andersen, L.F., and Jacobs-Jr. D.R., 2006. Health benefits of nuts: Potential role of antioxidants. *British Journal of Nutrition*, 96, S52-S60.
- Burns, J., Gardner, P. T., Matthews, D., Duthie, G. G., Lean, J., & Crozier, A. (2001). Extraction of phenolics and changes in antioxidant activity of red wines during vinification. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(12), 5797-5808.
- Çağlar, A., Tomar, O., Vatansever, H., & Ekmekçi, E. (2017). Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 15(4), 436-447.
- Fao, 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/>. Son erişim tarihi: 20/06/2023.
- Garavand, F., Madadlou, A., & Moini, S. (2017). Determination of phenolic profile and antioxidant activity of pistachio hull using high-performance liquid chromatography diode array detector electro-spray ionization mass spectrometry as affected by ultrasound and microwave. *International journal of food properties* 20(1): 19-29.
- Gentile, C., Tesoriere, L., Butera, D., Fazzari, M., Monastero, M., Allegra, M., Livrea, M.A., 2007. Antioxidant activity of sicilian

- Pistachio (*P. vera* L. Var. Bronte) nut extract and its bioactive components. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 55: 643-648.
- Halvorsen, B.L., Carlsen, M.H., Phillips, K.M., Bøhn, S.K., Holte, K., Jacobs, DR. Jr., Blomhoff, R., 2006. Content of redox-active compounds (i.e. antioxidants) in foods consumed in the United States. *The American Journal of Clinical Nutrition* 84(1): 95–135.
- Kafkas, S. A. L. İ. H., Kaska, N., Wassimi, A. N., & Padulosi, S. (2006). Molecular characterisation of Afghan pistachio accessions by amplified fragment length polymorphisms (AFLPs). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(5), 864-868.
- Karaoğlu, E. C., & Tarhan, L. (2022). Pistachio (*Pistacia vera* L.) hull samples from Turkey: phenolic compounds, antioxidant properties, and cytotoxic activities against HeLa, MCF-7, OE-33, and ACC-201 cancer cell lines. *Journal of Food Measurement and Characterization* 16(3): 2300-2313.
- Koch, M. U. 2011. *Laugh with Health*. Australia. pp:103.
- Pala, M., Yıldız, M., Açıktur, F., Löker, M., 1994. Türkiye’de üretilen antepfıstığı çeşitlerinin bileşimi. *Gıda* 19(6): 405-409.
- Seeram, N.P., Zhang, Y., Henning, S.M., Lee, R., Niu, Y., Lin, G., Heber, D., 2006. Pistachio skin phenolics are destroyed by bleaching resulting in reduced antioxidative capacities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(19): 7036– 7040.
- Seferoğlu, S., Seferoğlu, H.G., Tekintaş, F.E., Balta, F., 2006. Biochemical composition influenced by different locations in Uzun pistachio cv. (*Pistacia vera* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 461-465.

- Seigler, D. S. (1998). *Plant secondary metabolism*. Springer Science & Business Media. Shi, J., C. T. Ho, and F. Shahidi, 2010. *Functional Foods of the East*. CRC Press, pp:356, Boca Raton, USA.
- Tokuşoğlu, Ö., 2007. Yeşil Altın: Antepfıstığı: Teknolojisi, Kimyası ve Kalite Kontrolü, Sönmez Ofset Matbaacılık, Nisan, 1. Baskı, Syf 86.
- Tokuşoğlu, Ö., Hall III, C., 2011. Fruit and Cereal Bioactives. In: Nut bioactives: phytochemicals and lipid-based components of almonds, hazelnuts, peanuts, pistachios and walnuts, Edit by B. Fallico, G. Ballistreri, E. Arena and Ö. Tokuşoğlu. CRS Press. Taylor & Francis Group Boca, Raton, London, New York. 199p
- Tous, J., Ferguson, L., 1996. Mediterranean Fruits. In: Progress in new crops, Edited by J. Janick, ASHS Press, Arlington, VA, 416-430p.
- [
- Tunalıoğlu, R., Taşkaya, B., 2003. Antepfıstığı. TEAE BAKIŞ, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Dergisi, Sayı 2, Nüsha 5, Ankara.
- Yahia, E.M., 2011. Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Volume:4, Mangosteen to white sapote, In: Pistachio (*Pistacia vera* L.), Edited by M. Kashaninejad, Oxford Cambrige Philadelphia New Delhi, 218-246p.
- Yildiz, M., Gurcan, S., Ozdemir, M. (1998). Oil composition of pistachio nuts (*Pistacia vera* L.) from Turkey. *Eur J Lipid Sci Technol*, 100(3): 84-86.



ISBN: 978-625-367-142-6