



TARIM VE DOĞA BİLİMLERİNE GÜNCEL BAKIŞ

EDİTÖRLER

PROF. DR. AHMET KAZANKAYA

DR. ÖĞR. ÜYESİ ADNAN DOĞAN

TARIM VE DOĞA BİLİMLERİNE GÜNCEL BAKIŞ

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Ahmet KAZANKAYA

Dr. Öğr. Üyesi Adnan DOĞAN

YAZARLAR

Prof. Dr. Fazıl ŞEN

Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ

Prof. Dr. Makbule ERDOĞDU

Prof. Dr. Mehmet YAĞMUR

Prof. Dr. Mustafa ÖZKAN

Prof. Dr. Rüştü HATIPOĞLU

Prof. Dr. Selahattin ÇINAR

Prof. Dr. Sultan KIYMAZ

Doç. Dr. Abdurrahman ONARAN

Doç. Dr. Ataman Altuğ ATICI

Doç. Dr. Fahriye ERCAN

Doç. Dr. Hakan KIR

Doç. Dr. Halil GÜNEK

Doç. Dr. İsmail DEMİR

Doç. Dr. Kadir AKAN

Doç. Dr. Serpil GENÇOĞLAN

Doç. Dr. Tamer YAVUZ

Dr. Öğr. Üyesi Adnan DOĞAN

Dr. Öğr. Üyesi Adnan YAVIÇ

Dr. Öğr. Üyesi Asude ÇAVUŞ

Dr. Öğr. Üyesi Haydar KURT

Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Didem SAĞLAM ALTINKÖY

Dr. Öğr. Üyesi Koray KIRIKÇI

Öğr. Gör. Dr. Ayşe ÇANDAR

Dr. Hasan Beytullah DÖNMEZ

Dr. Murat GÜLER

Dr. Tuncer ARSLAN

Öğr. Gör. Ayşe BAŞPINAR

Arş. Gör. Çiğdem Özkan KAHRAMAN

Zir. Yük. Müh. Kander KOÇ

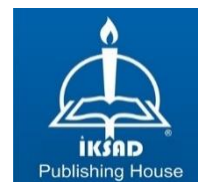
Zir. Yük. Müh. Türker GÜLTEKİN

Dr. Öğrencisi Sevgi SÜMERLİ ÇAKMAK

İbrahim ACAR

Ayşe Neslihan ÖZKAN

Kübra DEMİRCİOĞLU



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: 978-625-367-193-8

Cover Design: Ahmet KAZANKAYA

July / 2023

Ankara / Türkiye

Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

YEM BİTKİLERİ ISLAHINDA YENİ GELİŞMELER

Prof. Dr. Rüştü HATİPOĞLU

Dr. Hasan Beytullah DÖNMEZ

Prof. Dr. Selahattin ÇINAR

Doç. Dr. Hakan KIR

Doç. Dr. Tamer YAVUZ.....3

BÖLÜM 2

TUZLULUĞUN BUĞDAYDA VERİM VE KALİTE ÜZERİNE ETKİLERİ

İbrahim ACAR

Prof. Dr. Mehmet YAĞMUR.....31

BÖLÜM 3

KIRŞEHİR İLİNDE ŞEKER PANCARI ÜRETİMİ VE EKONOMİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Sultan KIYMAZ.....43

BÖLÜM 4

VAN GÖLÜ HAVZASI GÖL, BARAJ VE GÖLETLERİNDE YAPILMIŞ SU KALİTESİ ÇALIŞMALARI

Doç. Dr. Ataman Altuğ ATICI

Dr. Öğr. Üyesi Asude ÇAVUŞ

Prof. Dr. Fazıl ŞEN.....67

BÖLÜM 5

BİYOĞÜBRELER

Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ

Dr. Murat GÜLER.....93

BÖLÜM 6

TIBBİ BİTKİLERDE RİZOSFER MİKROORGANİZMA ETKİLEŞİMLERİ

Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ.....129

BÖLÜM 7

ONOBRYCHIS MILLER'İN (FABACEAE) BAZI TÜRLERİNDE TOHUM YÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ayşe Neslihan ÖZKAN

Prof. Dr. Mustafa ÖZKAN

Prof. Dr. Makbule ERDOĞDU.....157

BÖLÜM 8

TÜRKİYE'DE YETİŞTİRİLEN YAĞLI TOHURLU BİTKİLER VE MEVCUD DURUMU

Doç. Dr. İsmail DEMİR.....191

BÖLÜM 9

DEPOLANMIŞ ÜRÜN ZARARLISI BÖCEKLER ÜZERİNE BİTKİSEL ÜRÜNLERİN ETKİSİ

Doç. Dr. Fahriye ERCAN.....211

BÖLÜM 10

KORUNGA

Kübra DEMİRCİOĞLU

Doç. Dr. Hakan KIR

Prof. Dr. Selahattin ÇINAR

Prof. Dr. Rüştü HATİPOĞLU.....225

BÖLÜM 11

SOYA ÜRETİMİNİ ETKİLEYEN BAZI ÖNEMLİ HASTALIKLAR

Doç. Dr. Kadir AKAN

Zir. Yük. Müh. Kander KOÇ.....267

BÖLÜM 12

CBS VE UZAKTAN ALGILAMANIN TARIMSAL ALANLARDA KULLANIMI

Doç. Dr. Halil GÜNEK.....301

BÖLÜM 13

BADEM YAN ÜRÜNLERİNİN ÖZELLİKLERİ VE DEĞERLENDİRİLME OLANAKLARI

Dr. Öğrencisi Sevgi SÜMERLİ ÇAKMAK

Dr. Öğr. Üyesi Adnan YAVIÇ.....323

BÖLÜM 14

FARKLI EKOLOJİLERDE YETİŞEN KESTANELERDE (*Castanea sativa* Mill.) MORFOLOJİK VE MİKROMORFOLOJİK DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Haydar KURT

Dr. Öğr. Üyesi Adnan DOĞAN.....357

BÖLÜM 15

KOYUNLARDA ÇOKLU DOĞUM İLE İLİŞKİLİ ADAY GENLER VE TÜRKİYE'DE YAPILAN ÇALIŞMALARA GENEL BİR BAKIŞ

Dr. Öğr. Üyesi Koray KIRIKÇI.....381

BÖLÜM 16

MELOIDOGYNE INCOGNITA VE ALTERNARIA SOLANI'YE KARŞI ALTERNATİF MÜCADELE OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Didem SAĞLAM ALTINKÖY

Doç. Dr. Abdurrahman ONARAN.....403

BÖLÜM 17

KIRŞEHİR İLİ MUCUR İLÇESİ HUBUBAT ÜRETİCİLERİNİN BİTKİ KORUMA YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIKLARI SORUNLAR İLE TARIMSAL İLAÇ KULLANIM DURUMUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

Zir. Yük. Müh. Türker GÜLTEKİN

Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Didem SAĞLAM ALTINKÖY.....439

BÖLÜM 18

SIIRT YÖRESİ FISTIK YETİŞTİRİCİLİĞİNİN GELİŞİMİNE YÖNELİK PROJEKSİYON

Dr. Tuncer ARSLAN

Dr. Öğr. Üyesi Adnan DOĞAN.....461

BÖLÜM 19

YAPAY IŞIKLANDIRMANIN BİTKİ HASTALIKLARI ÜZERİNE ETKİLERİ

Öğr. Gör. Dr. Ayşe ÇANDAR

Öğr. Gör. Ayşe BAŞPINAR

Arş. Gör. Çiğdem Özkan KAHRAMAN

Doç. Dr. Serpil GENÇOĞLAN.....487

ÖNSÖZ

Değerli bilim insanları,

İnsanlığın var olmasıyla başlayan doğa bilimleri ve tarım, yerleşik hayata geçen insanlarla birlikte günden güne gelişmeye değişmeye devam etmiştir. Nüfusun hızlı artışı ile ortaya çıkan besin açığı ihtiyacı günümüzde tarımı vazgeçilemez bir duruma taşımıştır. Azalan tarım arazileri daha fazla ürün ve gittikçe bozulan iklimsel şartlarda daha verimli tarım ürünlerinin üretilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Karşılaşılan bu durum tarım alanlarında zirai üretim için yapılan çalışmaların önemini de arttırmıştır. Özellikle teknolojik gelişmelerin sürekli güncellenmesiyle tüm uygulamalarda bilimin önemi bir kez daha ortaya çıkmıştır. Bu kitap oluşturulurken öncelikli amacımız yeni gelişmeler ışığında tarımın ekonomik, ekolojik, teknolojik açıdan sürdürülebilir ve uluslararası arenada rekabet edebilen gelişmelerini bilim dünyası ile paylaşmaktır.

19 bölümden oluşan bu kitaptaki değerli yazarlarımız siz değerli bilim insanlarına doğa bilimleri ve tarım alanındaki güncel gelişmeleri farklı bir perspektiften yorumlayarak bilim dünyasına sunmuşlardır. Alanında uzman akademisyenlerce yazılmış olan bu kitap sadece durum ortaya koymakla kalmayıp sorunların çözümüne farklı bir pencereden bakılmasını sağlanması için siz değerli okuyucularımıza sunulmuştur. Kitabın, doğa bilimleri ve tarım alanındaki uygulamalara ve çalışmalara büyük farkındalık yaratmasını ve insanlık ile yaşayan diğer ekosistemlere alanında yeni bir bakış açısı katmasını diliyoruz.

Saygılarımızla

Temmuz, 2023

Prof. Dr. Ahmet KAZANKAYA

Dr. Öğr. Üyesi Adnan DOĞAN

BÖLÜM 1

YEM BİTKİLERİ ISLAHINDA YENİ GELİŞMELER

Prof. Dr. Rüştü HATİPOĐLU¹
Dr. Hasan Beytullah DÖNMEZ²
Prof. Dr. Selahattin ÇINAR³
Doç. Dr. Hakan KIR⁴
Doç. Dr. Tamer YAVUZ⁵

¹ Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri. Bölümü, Kırşehir, Türkiye, rustu.hatipoglu@ahievran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-7977-0782

² Çukurova Üniversitesi Tufanbeyli Meslek Yüksek okulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Adana, Türkiye, bdonmez@cu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003- 1495-4553

³ Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri. Bölümü, Kırşehir, Türkiye, s.cinar@ahievran.edu.tr, Orcid ID:0000-0002-9049-0044

⁴ Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri. Bölümü, Kırşehir, Türkiye, rustu.hatipoglu@ahievran.edu.tr, hakankir@ahievran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3124-0491

⁵ Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri. Bölümü, Kırşehir, Türkiye, tamer.yavuz@ahievran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-7374-7899

GİRİŞ

Güneş sistemindeki 8 gezegen (Merkür, Venüs, Dünya, Mars, Jüpiter, Satürn, Uranüs, Neptün) arasında canlı yaşamına uygun tek gezegen olan dünya gezegeni çok sayıda alt ekosistemlerden oluşan bir ekosistemdir. Canlı ve cansız varlıkları içinde bulunduran bu ekosistemde insanoğlu çok sayıda canlı grubunu içeren canlı bölüm içinde yer alan bir ögedir. Ekosistemdeki bölümler arasındaki enerji akışı ve madde dolanımı sistemin devamlılığını sağlayan en önemli mekanizmalardır. Dünya ekosisteminde canlı bir öge olan insan diğer canlılardan farklı olarak sahip olduğu düşünme yeteneği sayesinde ekosistemi yönetme ve yönlendirme yeteneğine sahiptir. Bu yeteneği sayesinde yeryüzünde ortaya çıktığından bugüne kadar dünya ekosistemindeki doğal kaynaklardan yararlanarak kendi ihtiyaçlarını karşılamış ve sürekli olarak yaşam düzeyini yükseltme çabası içinde bulunmuş, bulunmaya devam etmektedir. İnsanın en önemli ihtiyacını ise beslenme ihtiyacı oluşturmaktadır. Dünya ekosistemindeki canlılar arasında var olan beslenme zincirinin temelini bitkiler oluşturmaktadır. Bitkiler olmaksızın dünya ekosisteminde bir beslenme zincirinden bahsetmek olanaksızdır. Dünyadaki canlı organizmaların çoğunluğunun beslenmesinin temelini direkt veya indirekt bitkiler oluşturmaktadır. İnsanların beslenmesinin temelini de bitkiler oluşturur. Ancak, kompleks bir canlı varlık olan insanın tüm beslenme gereksinimini bitkilerden karşılaması olanaksızdır. İnsan bitkiler yanında hayvanlardan da gıda kaynağı olarak yararlanır. Nitekim insanlık tarihinin başlangıcında insanlar doğadaki bitkilerin yenilebilir organlarını toplayarak ve hayvanları avlayarak bitkisel ve hayvansal gıda gereksinimlerini karşılamışlardır. Günümüzden yaklaşık 7000-10000 yıl önce hayvanları evcilleştirerek tarıma başlayan insanoğlu zaman içinde bazı yabani bitkileri de kültüre alarak yetiştirmeye başlamıştır. Beslenmesine üzerine aldığı hayvanları otlatmak için yüzyıllarca mevsime bağlı olarak hayvanlarını otun bulunduğu yerlere götürmek için göçebe bir hayatı benimsemiştir. Diğer taraftan kültüre aldığı bitkileri yetiştirmek için de farklı teknikler geliştirmeye başlamıştır. Ayrıca, birim hayvan ve birim bitki yetiştirme alanında daha fazla ürün almak için gözlemlerine dayalı olarak daha fazla ürün veren bitki ve hayvanları seçmeye başlamış ve böylelikle bitki ve hayvan ıslahının ilk temellerini atmıştır. İnsanoğlunun gözleme dayalı bu seleksiyonları ile kültür bitkileri yabanilerinden çok önemli düzeyde farklılaşmıştır. İnsanoğlunun 19. Yüzyıla

kadar daha çok gözleme dayalı, bilimsel temeli olmaksızın yaptığı bitkileri kendi amacına uygun hale getirme çabaları 19. Yüzyıl ortalarında George Mendel'in bitkilerde karakterlerin kalıtımı ile ilgili araştırmalarının sonuçlarının yayınlanması ve bu sonuçların uygulamaya geçirilmesi ile 20. Yüzyıl başlarından itibaren insanoğlunun bitkileri kendi amacına uygun hale getirme çabaları bilimsel temellere bağlı olarak yapılmaya başlanmıştır. 20. Yüzyılda gübreleme, sulama, mekanizasyon gibi tarım teknolojisindeki gelişmeler yanında bilime dayalı bitki ıslahı kültür bitkilerinin veriminde ve kalitesinde çok önemli artışa neden olmuştur. 1940'lı yıllarda başlayan Yeşil Devrim ile dünya genelinde bitkisel üretimde önemli artışlar sağlanmıştır. 20.yüzyılın 3. Çeyreğinden itibaren ise bitkisel üretimde Gen Devrimi adı verilen bir dönem başlamıştır. Gen devrimi ile öncesinde kromozom düzeyinde manipüle edilebilen bitki genetik yapısı gen düzeyinde manipüle edilmeye başlanmış ve ıslah süreci çok önemli düzeyde hızlandırılmış ve bitkinin genetik yapısında hedefe yönelik değişiklikler yapılmaya başlanmıştır. Günümüzde kültür bitkilerinin verim ve kalitelerinin artırılması amacıyla fenotipe göre değil, geliştirilen moleküler teknikler sayesinde DNA düzeyinde genotipe göre seleksiyon yapılabilmekte, herhangi bir taksonomik sınırlama olmaksızın herhangi bir organizmadan gen halinde izole edilen ilgi duyulan karakterle ilgili gen/genler bitkilere aktarılabilen, açık arazide yetiştirilen bitkilerde yapılan seleksiyon, in vitro koşullarda petri kutuları içinde hücre veya protoplast düzeyinde yapılabilmekte, bir tek bitkiden kısa süre içinde binlerce klon bitki elde edilebilmektedir.

İnsanoğlunun kendi beslenmesi için kullandığı bitkiler üzerindeki ıslah çalışmaları oldukça eskiye dayanmasına karşılık, günümüzde insanlar tarafından ekimi dikimi yapılarak hayvanların beslenmesinde kullanılan ve yembitkisi olarak adlandırılan bitkilerin ıslahına ise gıda olarak kullanılan bitkilerin ıslahından çok daha sonra başlamıştır. Çünkü, günümüzde yembitkisi olarak kullanılan bitkiler gıda olarak kullanılan bitkilere göre insanoğlu tarafından çok daha sonra kültüre alınmıştır. İnsanoğlunun göçebe yaşam tarzında yüzyıllarca daha çok doğal çayır meralara dayalı olarak beslediği hayvanlarını göçebe hayatını bırakıp yerleşik hayata geçmesiyle yerleşim yerindeki doğal meraların hayvanlar için yıl boyu yem üretememeleri nedeniyle yembitkileri tarımı yaygınlaşmaya başlamıştır.

Her ne kadar yem bitkileri gıda olarak kullanılan bitkilere göre daha geç kültüre alınmışlarsa da bazı yem bitkilerinin kültürü tarihin eski devirlerine kadar uzanmaktadır (Açıkgöz, 2021). Örneğin yoncanın 3000 yıl kadar önce Ön Asya'da tarımının yapıldığı bilinmektedir. MÖ 1400-1200 yıllarına ait Hitit tabletlerinde hayvanlara yonca yedirildiği kayıtlıdır. Arkeolojik bulgulara göre adi fiğ, burçak ve bezelye tarımı MÖ 6000-5000 yıllarına kadar inmektedir. Korunganın 1000 yıldan bu yana tarımı yapılmaktadır. Yunanlı yazarlar MÖ 500-250 yıllarında şalgam, acıbakla, çayır üçgülü ve fiğ türlerinin yeşil gübre ve toprak ıslah edici özelliklerinden bahsetmişlerdir.

Yem bitkilerinin geniş olarak kültüre alınması Avrupa medeniyetinin bir ürünüdür. İngiltere'de kuru ot üretimi MÖ 750 yıllarına dayanmaktadır (açıkgöz, 2021). Ancak, İngiltere'de kapalı meraların MS 800'lerde kurulmaya başlanması, daha sonra 1400'lerde "ley farming" in temeli olan 2 yıl buğday-5 yıl mera ekim nöbetinin başlaması ile yem bitkilerine özellikle buğdaygillere talebi artırmıştır. Büyük bir olasılıkla bu meralarda ilk kez İngiliz çimi ekimi yapılmıştır. Avrupa'da başta çayır üçgülü ve çim türleri olmak üzere yem bitkilerinin tarımı 16. yüzyılda yayılmıştır. Çayır üçgülü gerçek anlamda ilk kez 1550 yıllarında İtalya'da kültüre alınmış, 1650'lerde İngiltere'de tanınmıştır. Ardından ak üçgül ve gazal boynuzu tarımına başlanmıştır. Avrupa'da tarımına başlanan serin mevsim baklagil ve buğdaygil yem bitkileri 19. yüzyılda Amerika kıtasına götürülmüştür. Rodos otu ilk kez Güney Afrika'da 1895 yılında kültüre alınmış, 1900'lü yıllarda Avustralya ve ABD'ye götürülmüştür. ABD'de Sudan otu tarımına 1909 yıllarında Sudan'dan gelen tohumlarla başlanmıştır. Ayrık ve brom türlerinin tohumları 1900'lü yıllarda Doğu Avrupa ülkelerinden getirilmiştir. Nohut geveni, alaca taç otu gibi bazı bitkiler ise son yıllarda kültüre alınmışlardır.

DÜNYADA YEM BİTKİLERİ ISLAHININ TARİHİ

Yem bitkilerinde modern ıslah yöntemleri ilk kez 20. yüzyılın başlarında İngiltere'de uygulanmıştır (açıkgöz, 2021). Welsh Bitki Islah istasyonunda çok geniş buğdaygil koleksiyonu ile ıslah çalışmalarına başlanmıştır. 1930-40 yılları arasında S26 domuz ayrığı, S23 ve S24 İngiliz çimi, S100 ak üçgül ve S123 çayır üçgülü çeşitleri ıslah edilmiştir. Bu çeşitler 50 yıl süre ile üretimde kalmışlardır. Benzer çalışmalar, aynı yıllarda, Svalöf Araştırma Enstitüsünde (İsveç) uygulanmıştır. ABD'de ilk kez Minnesota Üniversitesinde Çayır

kelpkuyruğu ıslahı başlamış, daha sonra, Cornell ve Minnesota Üniversiteleri (ABD), Saskatchewan Üniversitesi ve Swift Current Araştırma Enstitüsü (Kanada)'nde yem bitkileri ıslahına özellikle 1950'lerden sonra hız verilmiştir. ABD ve Kanada'nın kışları çok sert ve kurak orta ve kuzey bölgelerinde serin mevsim baklagil ve buğdaygil yem bitkisinin ıslahı ön plana alınmıştır. Örneğin, *Agropyron* türleri üzerinde çalışmalar 1920'li yıllarda başlamış, 1932 yılında Kanada'da diploid Fairway ve ABD'nde 1953 yılında tetraploid Nordan çeşitleri ıslah edilmiştir. Bu iki çeşit ABD ve Kanada'da halen üretimde kullanılmaktadır. Daha sonra yapılan ıslah çalışmalarında kurak ve soğuk bölgeler için serin mevsim yem bitkilerinden birçok yeni çeşit ıslah edilmiş ve tarıma kazandırılmıştır. ABD'nin güney eyaletlerinde ise sıcak mevsim yem bitkilerine ağırlık verilmiştir. Örneğin, köpekdişi ayrığı ABD'nin güney eyaletlerinde pamuk ve mısır tarımında yabancı ot olarak nitelenirken, 1943 yılında Coastal F₁ çeşiti ıslah edilmiştir. Köksapları ile kolayca üretilen bu çeşit tüm Güney ABD eyaletlerine yayılmıştır. Daha sonraki yıllarda; verim, hastalık ve zararlılara dayanıklılık ve kalite özellikleri yönünden üstün birçok yeni köpekdişi ayrığı çeşidi ıslah edilmiştir. Bugün bu çeşitler çok geniş alanlarda özellikle otlama amacı ile yetiştirilmektedir.

2021 yılı verilerine göre dünyada 731.8 milyon dolar tutarında yem bitkileri tohumu ihracatı ve 706.2 milyon dolar tutarında yem bitkileri tohum ithalatı yapılmıştır (Anonim, 2022). Dünyada en fazla yem bitkisi tohumu ihraç eden ülkeler ABD, Danimarka ve Hollanda, en fazla yem bitkisi tohumu ithal eden ülkeler ise Hollanda, Fransa ve Almanya olmuştur.

TÜRKİYE'DE YEM BİTKİLERİ ISLAHININ TARİHİ

Türkiye'de bitki ıslahı çalışmaları 1926 yılında Ankara ve Eskişehir'de tohum ıslah istasyonlarının kurulmasıyla başlamıştır. Bu istasyonlarda 1950'li yıllara kadar daha çok tahıllarda çeşit geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Yem bitkileri ıslahı çalışmaları ise 1952 yılında Tarım Bakanlığı bünyesinde Çayır-Mera ve Yem bitkileri Şubesinin kurulması ile hızlanmıştır (Avcı, 2013). 1961 Yılında Adana'da Çayır-Mera ve Yem Nematları Tohum Üretme Merkezi Müdürlüğü kurulmuş ve bu kuruluş 1964 yılında "Yem Bitkileri Üretme ve Zootehni Deneme İstasyonu Müdürlüğü" adını almıştır. Söz konusu kuruluş ve Eskişehir Tohum İslah İstasyonu'nda yerli ve yabancı kaynaklardan temin edilen yem bitkisi tür ve çeşitlerine ait tohumlarla adaptasyon denemelerine

başlanmıştır. 1964 yılında bugünkü adıyla Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsünde yapılan seleksiyon çalışmaları sonucu Sazova adıyla bir yonca çeşidi tescil ettirilmiştir. 1965 yılında Kurulan Çayır-Mera Zootekni Araştırma Enstitüsü başta olmak üzere, 1963 yılında Kurulan Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 1969 yılında kurulan Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Merkez Tarla Bitkileri Araştırma Enstitüsünde yapılan seleksiyon çalışmaları sonucu bir yıllık baklagil yem bitkilerinde çok sayıda çeşit geliştirilmiştir. Çok yıllık yem bitkilerinde yeterli ıslah edilmiş çeşit bulunduğunu söylemek olanaksızdır. Ülkemizde 2022 yılı kayıtlarına göre yem ve/veya çim amacıyla tescil ettirilmiş 565 adet çeşit bulunmaktadır. Bu çeşitlerin % 77'si yabancı orijinli çeşitlerdir (Çizelge 1) (TTSM, 2022). Söz konusu çeşitler için özel sektör tarafından ya yurt dışına royale ödenmekte ve tohum üretimi yapılmakta veya söz konusu çeşidin tohumu dışarıdan ithal edilmektedir. Nitekim 2021 yılında 12,370 milyon dolar karşılığı 17340 ton yem bitkisi tohumu ve 9,665 milyon dolar karşılığı 4409 ton çim ve çayır bitkileri tohumu ithal edilmiştir (BÜGEM, 2022). Buna karşılık aynı yılda 4,164 milyon dolar karşılığı 4092 ton yem bitkisi tohumu ve 1,1 milyon dolar karşılığı 398 ton çim ve çayır bitkileri tohumu ihraç edilmiştir.

Çizelge 1. Türkiye’de yem bitkisi türlerine ait tescilli çeşit sayıları

Yem bitkisi Türü	Tescilli Çeşit Sayısı		
	Yabancı	Yerli	Toplam
Yonca (<i>Medicago sativa</i>)	71	17	88
Korunga (<i>Onobrychis viciaefolia</i>)	2	6	8
Çayır üçgülü (<i>Trifolium pratense</i>)	1	1	2
Ak üçgül (<i>Trifolium repens</i>)	3	1	4
Gazal boynuzu (<i>Lotus corniculatus</i>)	-	1	1
Alaca taçotu (<i>Coronilla varia</i>)	-	1	1
Fiğ (<i>Vicia</i> sp)	6	48	54
Mürdümük (<i>Lathyrus sativus</i>)	-	4	4
Yem bezelyesi (<i>Pisum sativum</i>)	12	20	32
Gelemen üçgülü (<i>Trifolium meneghianum</i>)	-	1	1
İskenderiye üçgülü (<i>Trifolium alexandrinum</i>)	-	3	3

Yem börülcesi (<i>Vigna unguiculata</i>)	-	1	1
Çokyıllık çim (<i>Lolium perenne</i>)	92	2	94
Domuz ayrığı (<i>Dactylis glomerata</i>)	2	3	5
Otlak ayrığı (<i>Agropyron cristatum</i>)	-	2	2
Kılçaksız brom (<i>Bromus inermis</i>)	-	5	5
Kamışsı yumak (<i>Festuca arundinaceae</i>)	74	1	75
Çayır Salkımotu (<i>Poa pratensis</i>)	38	-	38
Adi salkımotu (<i>Poa trivialis</i>)	7	-	7
Kızımızı yumak (<i>Festuca rubra</i>)	40	-	40
Koyun yumağı (<i>Festuca ovina</i>)	4	-	4
Köpekdişi ayrığı (<i>Cynodon dactylon</i>)	6	-	6
Yıllık çim (<i>Lolium multiflorum</i>)	40	6	46
Sorgum (<i>Sorghum bicolor</i>)	9	6	15
Sudanotu (<i>sorghum sudanense</i>)	-	1	1
Sorgum x Sudanotu	9	-	9
Yıllık salkım yulafı (<i>Eragrostis tef</i>)	2	-	2
Yemlik yulaf (<i>Avena sativa</i>)	1	1	2
Yem şalgamı (<i>Brassica rapa</i>)	6	-	6
Yem pancarı (<i>Beta vulgaris var. rapa</i>)	5	-	5
Arı otu (<i>Phacelia tanacetifolia</i>)	3	1	4
Toplam	433	132	565

Kaynak: TTSM, 2022

YEMBTİKİLERİ ISLAHINDA YENİ GELİŞMELER

Diğer kültür bitkilerine göre daha geç kültüre alınan yembitkilerinin ıslahı 20. yüzyılda başlamıştır. Tescil ettirilen ilk yembitkisi çeşitleri belirli özellikler için hiç veya kısıtlı ölçüde seleksiyon ıslahı uygulanan ekotipler olmuştur. Daha sonra yembitkilerinde ot verimi ve kalitesinin ıslahı için yoğun çalışmalar sürdürülmüştür. Ancak, bu çalışmalar mevcut ıslah yöntemleri ile

yembitkileri ıslahının çok uzun zaman aldığını göstermiştir. Nitekim Humpreys (1997), 20. yüzyılda birçok tahıl türünde 10 yıl başına verim açısından erişilen ortalama genetik ilerlemenin % 13.5 olmasına karşılık, birçok baklagil ve buğdaygil yembitkisinde bu değer % 4'de kaldığını bildirmektedir. Yembitkilerinde verim açısından sağlanan genetik ilerlemenin düşük olmasına neden olarak, bu bitkilerin ıslahında karşılaşılan aşağıda sayılan güçlüklerdir (Spangenberg ve ark., 1997; Sabancı ve Tosun, 2009);

- Yembitkilerinin çok farklı kullanım alanlarının bulunması ve kullanım alanına göre ıslah amacının değişmesi.
- Çoğunlukla karışım halinde yetişmeleri ve yetiştirilmeleri.
- Çoğu önemli yem bitkisi türünün yabancı dölleme ve heterozigotluk nedeniyle, saf hatların belirlenmesi ve çoğaltılması zor olmaktadır.
- Birçok yem bitkisi türünde kendine kısırlık söz konusudur.
- Pek çok yem bitkisi türü poliploid yapıda olup, bu durum genetik yapının kompleksliğini arttırmaktadır.
- Çoğu çayır mera ve yem bitkisinin çok küçük çiçek organlarına sahip olması melezleme çalışmalarını zorlaştırmaktadır.
- Çoğu yem bitkisi türünde tohum bağlama ve dolayısıyla tohum üretimi zayıftır.
- Önemli çayır mera ve yem bitkisi türleri çok yıllıktır ve çeşit geliştirilmesi uzun zaman almaktadır.
- Birçok buğdaygil yem bitkisi türü apomiktik olarak (döllenişmiş zigot olmaksızın tohum oluşumu) üremektedir.

Yukarıda sayılmış olan olumsuzluklar ve zorluklara karşın, çayır mera ve yem bitkileri ile çalışmanın bazı avantajları da vardır. Ülkemiz bitki örtüsünün birçok tür bakımından zengin olması materyal sağlamayı kolaylaştırmaktadır. Bunun yanında üzerinde çalışılmamış çok sayıda türün olması başarı şansını yükseltmekte ve ilerlemeye uygun bir durum yaratmaktadır. Çok yıllık bitkilerin vejetatif yolla çoğaltılabilmeleri de bir diğer olumlu yanı oluşturmaktadır.

Yembitkileri ıslahında karşılaşılan zorluklar bu bitkilerde çeşit geliştirme sürecini uzatır. 20.yüzyılın ortalarından itibaren model bitkilerde uygulanmaya başlayan ve 20. yüzyılın son çeyreğinde kültür bitkilerinde de uygulama alanı bulan biyoteknolojik yöntemlerin yembitkileri ıslahında geleneksel ıslah yöntemlerini tamamlayıcı araçlar olarak kullanılması bu bitkilerin ıslah

sürecinde büyük kolaylıklar sağlayabilmektedir. Bu yöntemlerden yararlanılarak, kısa sürede homozigot yembitkileri hatları ve seksüel olarak birbiriyle uyumsuzluk gösteren türlerin melezleri elde edilebilir, tarımsal açıdan yararlı genler taksonomik sınırlama olmaksızın başka bir bitki veya organizmadan gen halinde izole edilerek üzerinde çalışılan yembitkisine aktarılabilir, çeşitler DNA düzeyinde tanımlanabilir ve DNA markörlerinden yararlanarak seleksiyon süreci kolaylaştırılabilir.

Yembitkileri Islahında Doku Kültürü Tekniklerinin Kullanımı

Bitki doku, organ, hücre ve protoplastlarından in vitro koşullarda bitki elde edilme tekniklerini kapsayan doku kültürü teknikleri kültürü yapılan yembitkilerinde olduğu gibi henüz kültürü yapılmayan yembitkilerinde de geliştirilmiştir.

Bitkilerde gen transformasyonu gibi genetik mühendisliği tekniklerinin uygulanabilmesi için ön koşulu oluşturan farklı bitki dokularından farklılaşmamış hücre yığını ifade eden kallus kültürleri 20. Yüzyılın son çeyreğinden itibaren bir çok yembitkisi türünde oluşturulmuştur (Hatipoğlu ve ark., 2009; Giri ve Praveena, 2014) . Söz konusu kültürler, bitki ıslahının temel safhalarından birisini oluşturan varyasyon yaratma amacıyla da kullanılabilir. Çünkü, bitki dokularının in vitro koşullarda kültür edilmesi bu dokulardan rejenere olan bitkilerde bazı kalıtsal değişikliklere neden olabilmekte ve bu kalıtsal değişiklikler **Somaklonal Varyasyon** olarak adlandırılmaktadır. Bu varyasyonlar ıslahta kullanılabilir. Nitekim, mürdümükte in vitro kültürde rejenere olan bitkilerde ortaya çıkan somaklonal varyasyondan yararlanarak tohumlarında daha düşük nörotoksin içeren, yüksek verimli ve erkenci bir bitki selekte edilmiş ve P-24 adıyla çeşit olarak tescil ettirilmiştir (Jain, 2001). Yine köpek dişi ayrığında (*Cynodon dactylon*) somaklonal varyasyondan yararlanılarak güz tırtılına (*Spodoptera frugiperda*) dayanıklı bir çeşit geliştirilmiş ve Brazos-R3 adıyla tescil ettirilmiştir. Yonca'da *Fusarium oxysporum* hastalığına ve tuza dayanıklı, cin darısında çinko eksikliğine toleranslı bitkiler somaklonal varyasyondan yararlanılarak selekte edilmiştir. Ayrıca, bu kültürlerde kimyasal mutagen uygulamasıyla üstün agronomik özelliklere sahip rejeneratlar elde edilebilmektedir. Nitekim bir geven türü olan *Astragalus adsurgens*'te bir kimyasal mutagen olan N-methyl-N-nitrosoguanidine uygulaması ile in vitro koşullarda rejenere olan

bitkiler arasında yüksek oranda methionin içeren bitkiler elde edilmiştir (Penna ve ark., 2012).

Türler arası gen transferi amacıyla türler arası melezlemelerde melez bitkilerin elde edilmesinde embriyo kurtarma tekniği 1925 yılından beri uygulanan bir tekniktir. Ak üçgüle (*Trifolium repens*) üçgül sist nematoduna dayanıklılık genlerin aktarılması ve ak üçgülün tohum veriminin artırılması için *T. nigrescens* ile melezleme yapılmış ve melez bitkiler embriyo kurtarma tekniği ile elde edilmiştir (Hussain ve ark., 1997; Marshall et al., 1998). Yine ak üçgülün *T. ambiguum* (Kafkas üçgülü) ile melezlenmesi sonucu hem virüse dayanıklı ve hem de hem riziom ve hem de stolon oluşturan melez bitkiler elde edilmiştir (Woodfield ve Brummer, 2001). Sarı çiçekli taşıyıcısı (*Melilotus officinalis*) ve ak taş yoncası (*M. alba*) *Melilotus denta* ile melezlenerek söz konusu türlerdeki kumarin içeriği düşürülmüştür (Bowley, 1997). Addis ve Narayan (2000), *Lathyrus sativus* ile *L. cicera* türlerini melezlemişler ve embriyo kurtarma tekniği ile melez bitkileri elde etmeyi başarmışlardır.

Birçok yembitkisi türünde rejenerasyon olabilir protoplast kültürlerinin oluşturulmasından sonra farklı türlerin protoplastlarının simetrik veya asimetrik olarak füzyona uğratılması ile somatik melez bitkilerin elde edilmesi başarılmıştır. Yoncanın (*Medicago sativa*) mesofil hücrelerinden izole edilen protoplastları çalimsı yonca (*M. arborea*)'nın kallustan elde edilen protoplastları ile elektrofüzyon yöntemiyle füzyona uğratarak melez bitkiler elde edilmiştir (Nenz ve ark., 1996). Ayrıca, *M. sativa* ile *M. falcata*, *M. coerulea* ve *M. intertexta* türleri arasında somatik melezlemeler gerçekleştirilmiş ve melez bitkiler elde edilmiştir (Waara ve Glimelius, 1995). Yapılan bir başka araştırmada korunganın yapraklarında tanin üretme özelliğinin yoncaya aktarılması amacıyla korunga protoplastları ile yonca protoplastları asimetrik olarak füzyona uğratılmış ve çok sayıda asimetrik melez bitki elde edilmiştir (Li ve ark., 1993). Ancak, elde edilen bitkilerin hiç birisinde yapraklarda tanen üretimi saptanamamıştır. Ayrıca melez bitkilerin erkek kısır olduğu belirlenmiştir. Bir diğer araştırmada gazal boynuzu (*Lotus corniculatus*) protoplastları ile çeltik (*Oryza sativa*) protoplastları asimetrik olarak füzyona uğratılmış ve elde edilen erkek kısır melez bitkiler gazal boynuzu ile geriye melezlenerek fertil melez bitkiler elde edilmiştir. Melez bitkilerde gazal boynuzu bitkilerine göre çiçek sayısının, dal sayısının ve kuru madde veriminin daha yüksek olduğu saptanmıştır (Saito ve ark., 2005).

Buğdaygil yembitkilerinde farklı cinsler arası somatik melezlemeler denemesine karşılık ancak *Festuca arundinacea* + *Lolium multiflorum* melezlemesinden bitki elde edilebilmiştir (Takamizo ve ark., 1991).

Bir çok bitkisinin kendine uyuşmaz olması nedeniyle kendileme yapılamamakta ve bu nedenle melez çeşit ıslahı için gerekli olan kendilenmiş safhatlar elde edilememektedir. Buna karşılık in vitro haploid bitki elde etme teknikleri kullanılarak söz konusu safhatların kısa sürede elde edilmesi mümkün olmaktadır. Çokyıllık çim (*Lolium perenne*) bitkisinde anterlerin kültürü ile ilk haploid bitkiler 1984 yılında elde edilmiştir (Andersen, 2003). Daha sonra biryıllık çim, domuz ayrığı, kelp kuyruğu, kamışsı yumak ve çayır yumağı türlerinde de anter kültürü ile haploid bitki elde edilmesi başarılmıştır. Yonca, İskenderiye üçgülü ve gazal boynuzu türlerinde anter kültürü ile haploid bitkiler elde edilebilmiştir. Yonca'da mikrospor kültürü ile haploid bitkiler elde edilmiş ve bu bitkilerde kromozom katlaması yapılarak katlanmış haploid bitkilerin elde edilmesi başarılmıştır (Yi ve ark., 2019)

Yem bitkileri ıslahında Moleküler tekniklerin Kullanımı

Moleküler Markörlerin Genetik Çeşitlilik ve Çeşit Tanımlamasında Kullanılması

Moleküler markörler, genomda yer alan gen bölgeleri ya da gen bölgeleri ile ilişkili olan DNA parçalarıdır. Genetik markörlerin DNA tabanlı tiplerini oluşturduklarından dolayı DNA markörleri olarak da bilinmektedirler. Moleküler markörler farklı genotiplere ait olan DNA dizilim farklılıklarını çeşitli şekillerde belirleyebilen markörlerdir. Birbirlerine morfolojik bakımdan çok yakın olan kültür bitkileri bu markörlerin kullanılmasıyla tanımlanabilir ve ayrılabilir (Yorgancılar ve ark., 2015). Bu markörler, polimeraz zincir reaksiyonuna bağlı olmayanlar (RFLP) ve bağlı olanlar (RAPD, AFLP, SSR) olarak adlandırılmaktadır. Moleküler markörler; kesilen parça uzunluğu polimorfizmi (RFLP), rastgele çoğaltılan polimorfik DNA markörleri (RAPD), çoğaltılan parça uzunluğu polimorfizmi (AFLP), dizisi etiketlenmiş sekanslar (STS), mikrosatelitler (SSR), bölünerek çoğaltılmış polimorfik dizi (CAPS), tek iplik tamamlama polimorfizmi (SSCP), ampikon uzunluk polimorfizmi (ALP), basit sekans tekrarlamaları arası polimorfizm (ISSR), ifade edilmiş dizi etiketleri (EST) ve tek nükleotid polimorfizmi (SNP) gibi farklı tekniklerden oluşmaktadır

Moleküler markörler bitki çeşitleri, genetik kaynak materyali, popülasyonlar ve türler arasındaki ilişkileri belirlemek için kullanılabilir. Popülasyon içindeki ve popülasyonlar arasındaki varyasyonların saptanması ve farklı gen kaynakları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi gen kaynaklarından yararlanmanın daha etkin olmasını sağlayabilir (Brummer ve Wang, 2020). Gedik ve ark. (2009), Romanya orijinli 5 mürdümük varyetesi (*Lathyrus sativus* var. *albus*, *L. sativus* var. *azureus*, *L. sativus* var. *biflorus*, *L. sativus* var. *coloratus*, *L. sativus* var. *leucotetragonus*), ICARDA orijinli 4 mürdümük hattı ve Türkiye’de tescilli Gürbüz mürdümük çeşidini ISSR primerleri kullanarak analiz etmişler ve 0.79 Jaccard benzerlik katsayısı gösteren *L. sativus* var. *albus* ile *L. sativus* var. *azureus*’un genetik olarak birbirlerine en yakın olan varyeteler olduğunu, *L. sativus* var. *coloratus* varyetesi ile 452 hattı ise 0.33 Jaccard benzerlik katsayısı ile birbirlerine genetik olarak en uzak materyal olduğunu saptamışlardır. Ünverdi ve ark. (2009), Türkiye’de tescilli 10 fiğ çeşidi ile ISSR primerleri kullanarak yürüttükleri moleküler analiz çalışmasında, Jaccard benzerlik katsayısına göre Cumhuriyet-99 ile Emir ve Nilüfer ile Ürem-79 fiğ çeşitlerinin birbirlerine genetik olarak en yakın çeşitler olduğunu ve Kubilay-82 ile Karaelçi fiğ çeşitlerinin ise birbirlerine genetik olarak en uzak çeşit olduklarını belirlemişlerdir. Ayrıca bu çalışmada, Karaelçi, Farukbey-2001, Kubilay-82 Ürem-79, Nilüfer, Cumhuriyet-99 ve Selçuk-99 çeşitlerinin büyük ölçüde çeşit özelliği taşıdığı, buna karşın Emir, Bakır-2001 ve Alnoğlu-2001 çeşitlerinde çeşit karışıklığı olduğu saptanmıştır. Çeşit tescili ve ıslahçı hakları açısından yeni çeşidin diğerlerinden farklı olduğunun ortaya konulmasında moleküler markör tekniklerinden yararlanılmaktadır. Nitekim Yonca çeşitlerinin ayırt edilmesinde SSR markörleri (Annicchiarico ve ark. 2016) ve çokyıllık çim, yıllık çim ve *Festulolium* çeşitlerinin ayırt edilmesinde SNP markörleri kullanılmıştır (Pembleton ve ark., 2016).

Yabancı döllenilen ve rüzgar veya arılarla tozlanan yembitkilerinin ıslah programlarında genellikle ana bitkilerle ilgili kayıtlar tutulur. DNA markörlerine dayalı baba analizleri teorik olarak genetik kazancı iyileştirebilir (Brummer ve Wang, 2020). Çayır üçgülünde tohum verimi için yapılan seleksiyonda baba analizi seleksiyon etkinliğini artırmıştır (Vleugels ve ark., 2014). Kelp kuyruğu polikros ıslah programında baba analizinin yararlı olduğu saptanmıştır (Tanaka ve ark, 2018). Yonca polikross parsellerinden elde edilen

projenide yapılan baba analizi kendilenme oranının beklenenden daha yüksek olduğunu göstermiştir (Riday, ve ark., 2013).

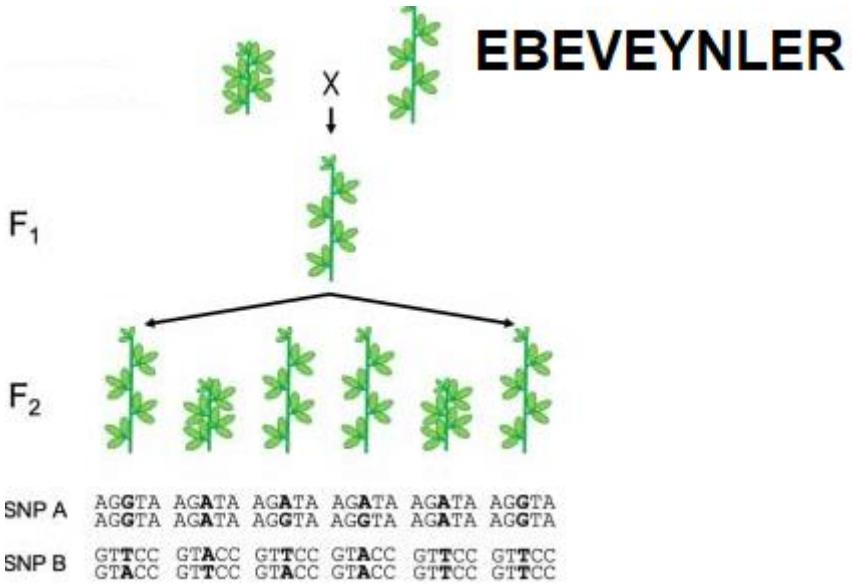
Melez çeşit ıslahında veya sentetik çeşit ıslahında çeşidi oluşturacak klonların seçiminde moleküler markörler kullanılarak birbirine genetik olarak uzak klonlar seçilerek sentezlenecek çeşidin verimi artırılabilir (Kidwell ve ark., 1994).

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, yem bitkilerinde en uygun biçim veya otlatma zamanı ile en uygun gübreleme zamanının bitki dokularında yapılacak PCR testleri ile belirlenmesine yönelik olarak söz konusu dönemlerde ifade edilen genlerle ilişkili markörlerin bulunması amaçlanmaktadır (Capstaff ve Miller, 2018).

Bağlantı Haritalarının Yem bitkileri Islahında Kullanılması

Bir genetik markörün herhangi bir fenotipik özellik için belirteç olarak kullanılabilmesi için bağlantı analizi yapılması gerekir. Eğer herhangi markör allelleri belirli bir fenotip ile ilişkili ise markörün söz konusu özellikle ilişkili olduğu söylenir. 1990'lı yılların ortasından beri bir çok yem bitkisi türü için genetik haritalar geliştirilmiştir. Bu türler arasında yonca (Li ve ark., 2014), çokyıllık çim (Velmuragan ve ark., 2016), *Bracharia decumbens* (Worthington ve ark., 2016) ve *Pennisetum purpureum* (Paudel ve ark., 2018) sayılabilir. Genetik harita özellikleri kontrol eden gen lokuslarının yerini belirlemek için kullanılabilir. Eğer, bir popülasyondaki bir grup bitki belirli bir marker alleleline sahip ve bu allele sahip bitki aynı zamanda belirli bir fenotipe sahipse bu durumda markörün söz konusu özellikle ilişkili olduğu anlaşılır (Şekil 1).

Tarımsal açıdan önemli çoğu özellikler kantitatif kalıtım gösterir ve ifadeleri çevre koşulları tarafından etkilenen çok sayıda gen tarafından kontrol edilir. Özellikle her biri çok büyük etkiye sahip olmayan kantitatif özellikleri kontrol eden genleri haritalamak için açılan bir popülasyondan çok sayıda bireyin farklı lokasyonlarda veya yıllarda değerlendirilmesi gerekir. Bir kantitatif özellik kontrol eden her bir lokus kantitatif özellik lokusu (QTL) olarak adlandırılır.



Şekil 1. İlişki haritası

Ak üçgülde tohum verimi (Barrett ve ark., 2005), *Bracharia decumbens*'de apospory (Worthington ve ark., 2016), yoncada iri çiçek tozu (Tavoletti ve ark., 2000) gibi özellikleri kontrol eden majör QTL'ler belirlenmiştir. Yoncada ot verimi (Robins, 2007), kışa tolerans ve sonbahar dormansisi (Li ve ark., 2015) gibi özellikleri kontrol eden QTL'ler haritalanmıştır.

Markörün ilişkili olduğu geni belirlemek ilave araştırmalar gerekir. QTL haritalamanın en önemli dezavantajı karakterin ortaya çıkmasında etkili olan genlerin bazılarını tanımlayabilir ve fenotipik varyasyonun önemli bir bölümünü oluşturan genleri tanımlayamaz.

Markör-özellik ilişkilerini belirlemek için diğer yöntemler de kullanılabilir. Bir gen kaynağı veya ıslah popülasyonundaki arzu edilen markörleri bulmak için Genom boyu ilişki incelemesi (GWAS) yöntemi kullanılabilir. Şeker sorgumunda çiçeklenme zamanı ile ilgili genom boyu ilişki incelenmesinde SNP markörleri kullanılmıştır (Grabowski ve ark., 2017). Yoncada *Verticillium solgunluğuna* dayanıklılığı tanımlamak için Genoma dayalı seleksiyon (GBS) kullanılmıştır (Yu ve ark., 2017).

Gen Aktarma Tekniklerinin Yem bitkileri İslahında Kullanılması

Çok sayıdaki yem bitkisi türünde gen transfer sistemleri geliştirilmiştir. İlk transgenik kamışsı yumak bitkisi biolistik gen aktarma tekniği ile gen aktararak elde edilmiştir (Wang ve ark., 2007). Daha sonra *Agrobacterium tumefaciens* aracılığıyla gen aktarma başarılmıştır. *Agrobacterium* aracılığıyla gen transferinde aktarılan gen kopya sayısının daha a olduğu ve gen ifadesinin daha stabil olduğu saptanmıştır. Bitkilere gen transferi için, öncelikle arzu edilen fenotipin ortaya çıkmasını sağlayan gen veya genlerin tanımlanması gerekir. Genetik haritalama bu genlerin tanımlanmasında kullanılan yöntemlerden birisidir. Daha sonra bu genlerin klonlanması gerekir. Yem bitkilerinde azot fiksasyonu (Endre ve ark., 2002), soğuğa tolerans (Monroy ve ark., 1993), kurağa tolerans (Zhang ve ark., 2005), hücre duvarı kompozisyonu (Tu ve ark., 2010), kondense tanin oluşumu (Hancock ve ark., 2012), tohum fizyolojik dormansisi (Chai ve ark., 2016) ile ilgili çok sayıda gen klonlanmıştır.

Gen aktarma tekniklerinden yararlanılarak yem bitkilerinde kalitenin artırılması, biyotik ve abiyotik stress koşullarına tolerans sağlanarak verim artışı sağlanması hedeflenmiştir. Yem bitkilerinde kuru madde sindirilebilirliği yem bitkilerinde kaliteyi belirleyen en önemli özelliklerden birisidir. İn vitro sindirilebilirlikteki % 1'lik artışın hayvan canlı ağırlığında % 3.2 artışa neden olduğu saptanmıştır (Casler ve Vogel, 1999). Ancak, kuru madde sindirilebilirliği çok sayıda gen tarafından kontrol edilir ve kalıtım derecesi düşüktür. Bu nedenle klasik ıslah ile kuru madde sindirilebilirliği ile ilgili ıslah potansiyeli düşüktür (Spangenberg ve ark., 2001). Yem bitkisi dokularının sindirilebilirliğini en fazla düşüren faktörün bitki hücre duvarının lignifikasyonu olduğu saptanmıştır (Buxton ve Russel, 1988). Bitkilerde lignifikasyon lignin önbiyosentezleri monolignollerin ve lignin sentezi sonucu oluşur. Monolignol biyosentez enzimlerinin sentezi antisens yöntemiyle bastırılarak sindirilebilirlik artırılabilir. Bu teknik *Stylosanthes humulis*, *Medicago sativa*, *Lolium perenne* ve *Festuca arundinacea*'da kullanılmıştır (Spangenberg ve ark., 2001).

Yem bitkilerinde yüksek suda çözünebilir karbonhidrat içeriğinin yazın lignifikasyon nedeniyle ortaya çıkan sindirilebilirlikteki azalmayı önlediği ve aynı zamanda kurağa tolerans sağladığı saptanmıştır (Radojevic ve ark., 1994). Yonca, çokyıllık çim ve kamışsı yumak bitkilerinde fruktan

metabolizması manipüle edilerek ot kalitesi ve kurağa dayanıklılık artırılmıştır (Spangenberg ve ark., 2001).

Lüpen (*Lupinus albus*) bitkisinde methionin ve sistein gibi kükürtlü amino asit içeriği söz konusu aminoasitlerin sentezinden sorumlu genlerin ifadesinin artırılması ile artırılmıştır.

Kondense taninler proteinlere bağlanarak onların rumene varmadan parçalanmasını engellemekte ve böylelikle protein yarıyışlılığını artırmaktadır (Min ve ark., 2003). Ancak, düşük yaprak proteinine sahip türlerde yüksek kondense tanin fermentasyonu sınırlamaktadır. % 2-4 kondense tanin içeriği ideal olarak kabul edilmektedir (Dixon ve ark., 2005). *Medicago truncatula* tohum kabuğundan izole edilen ve kondense tanin sentezini kontrol eden *MtPAR* geni yoncaya aktarılarak yeşil aksamındaki kondense tanin konsantrasyonunun 20 mg/g'a çıkması sağlanmıştır. Ancak, bu konsantrasyonun optimum konsantrasyonun altında kaldığı açıklanmıştır (Verdier ve ark., 2012).

Yem bitkilerinde verimi artırmaya yönelik olarak yaşlanmanın geciktirilmesi ile ilgili genlerin manipüle edilmesi üzerinde durulmaktadır. Mısır sistein proteaz geni *SEE1* yıllık çime aktarılarak yaprak yaşlanması 5-16 gün geciktirilmiştir (Li ve ark., 2004). Başka bir çalışmada ise *Arabidopsis thaliana* bitkisinin yaşlanma ile ilişkili *SAG12* geni promotörü yoncaya aktarılarak yaşlanmada gecikme ve verim artışı sağlanmıştır (Calderini ve ark., 2007).

İklim değişikliği nedeniyle diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi yem bitkilerinde de kurağa dayanıklılık önemli ıslah amaçlarından birisidir. *Medicago truncatula* türünde *WXP1* ve *WXP2* genlerinin bitkinin yeşil aksamında mumsu tabaka oluşumunu sağlayarak bitki yüzeyinde su kaybını önlediği saptanmıştır. Söz konusu genler yonca bitkisine aktarılmış ve transgenik yonca bitkilerinin yapraklarında mumsu tabakanın önemli derecede arttığı saptanmıştır (Verma, 2019). Transgenik yapraklar daha az su kaybı ve klorofil yıkanması göstermiştir.

Kamışsı yumak bitkisi endofitik mantar türü olan *Neotyphodium coenophialum* ile simbiyotik ilişki içinde bulunmaktadır (Bouton ve Easton, 2005). Bu ilişkide mantar bitkinin kurağa dayanıklılığını artırmakta, bitki ise mantara besin maddesi sağlamaktadır. Ancak, endofit mantar ile enfekte olmuş kamışsı yumak bitkisini otlayan hayvanlar düşük canlı ağırlık kazancı

göstermekte ve üreme problemi yaşamaktadır. Bu durumun nedeninin mantarla ilişkili ergot alkaloidinden kaynaklandığı saptanmıştır (Lyson ve ark., 1986). Bu nedenle, *Neotyphodium* mantarının genetik manipülasyonla toksin üretmeyen mantar haline getirilmesi üzerinde durulmaktadır (Verma, 2019).

Yem bitkilerinde hastalıklara dayanıklılık kazandırılması amacıyla yapılan çalışmalarda virüse dayanıklı transgenik çoyulluk çim ve aküçgül bitkileri (Xu ve ark., 2001; Ludlow ve ark., 2009) ile mantari hastalıklara dayanıklı transgenik kamışsı yumak bitkileri elde edilmiştir (Kapoor ve ark., 2018).

Çok sayıda yem bitkisi türünde gen aktarma çalışması yapılmış olmasına karşılık, halen transgenik çeşidinin yaygın tarımı yapılan tek yem bitkisi türü herbisite tolerans geni aktarılmış ve lignin içeriği düşürülmüş yoncadır. Halen bu çeşidin tarımı başta ABD olmak üzere, Kanada ve Arjantin'de yapılmaktadır. Soya fasulyesi, Mısır, Kolza ve Pamuktan sonra Glyphosate etkili herbisitine tolerans özelliği kazandırılmış 5. Kültür bitkisi olarak transgenik yonca ABD'de 2005 yılında yetiştirilmeye başlanmıştır. Ancak, transgenik yoncadan transgenik olmayan yoncaya gen kaçıışı riskinin yeterince değerlendirilmediği gerekçesiyle ABD yüksek mahkemesi bu çeşidin yetiştirilmesini yasaklamıştır. 2010 yılında çeşidin yetiştirilmesi tekrar serbest bırakılmıştır. 2014 yılında ise lignin sentezinden sorumlu genin ekspresyonunun azaltılması ile % 15 daha az lignin içeren ve % 10-15 daha yüksek NDF sindirilebilirliği gösteren transgenik yonca çeşidi HarvXtra adıyla tescil ettirilmiştir (Barros ve ark., 2019). Halen ABD'de hem herbisite tolerant ve hem de düşük lignin içeren transgenik yonca tarımı yapılmaktadır ve transgenik çeşidin ekim alanı ABD'deki toplam yonca ekim alanlarının % 20'sini oluşturmaktadır. Transgenik yonca çeşidinin 5-10 gün daha geç hasada geldiği ve transgenik olmayan yoncaya göre % 20 daha yüksek verim verdiği bildirilmektedir.

Gen Düzenleme Tekniklerin Yem bitkileri ıslahında Kullanımı

Gen düzenleme teknikleri genleri doğru bir şekilde değiştirmek için geliştirilmiştir. Gen düzenleme teknikleri bitki DNA'sında bir çift zincir kırığı oluşturma ve kırılan noktada DNA'nın doğal tamir mekanizmasından yararlanarak mutasyon oluşturma veya kısa DNA segmentlerini ekleme esasına dayanmaktadır (Adli, 2018). ZFN, TALEN, CRISPR gibi farklı gen düzenleme

teknikleri geliştirilmiştir. Halen özellikle CRISPR tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır. Yem bitkilerinde bu teknolojinin kullanımı henüz yenidir. Şeker sorgumunda lignin konsantrasyonunu düşürmek için CRIPR/Cas9 tekniği kullanılmış ve olumlu sonuç alınmıştır. (Park ve ark., 2017). Yoncada da bu teknik ile gen düzenlemesi yapılmıştır (Gao ve ark., 2018)

SONUÇ

Artan ülke nüfusu ve iklim değişikliği koşullarında insanlarımızın yeterli ve satın alma güçlerine uygun hayvansal ürün tüketebilmeleri için ekonomik hayvancılığın en önemli ögesini oluşturan kaliteli kaba yemlerin üretiminin hayvancılığımızın ihtiyacını karşılayacak düzeye getirilmesi gerekir. Bu amaçla, gerek ülkemiz topraklarının 1/5'ini oluşturan ve halen bitki örtüleri çok zayıflamış olan doğal çayır-meralarımızın yeniden bitkilendirilmesinde kullanmak ve gerekse tarla tarımı içinde yem bitkisi üretmek amacıyla yetiştirildikleri ekolojik koşullarda yüksek kalite ve kantitede kaba yem üretimi sağlayacak yem bitkisi çeşitlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Söz konusu çeşitlerin geliştirilme sürecinin kısaltılması amacıyla dünyada 20. Yüzyılın son çeyreğinden itibaren kullanılan, ülkemizde gıda olarak kullanılan mısır, buğday, ayçiçeği gibi bitkilerde kullanılmaya başlanan klasik ıslah yöntemlerine yardımcı yeni tekniklerin yem bitkileri ıslahında da kullanılması ülkemizde gereksinim duyulan yeni yem bitkisi çeşitlerinin kısa sürede geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Açıkgöz, E. 2021. Yem Bitkileri Islahı, Yem Bitkileri II.Cilt S: 717-778. Tarım ve Orman Bakanlığı Eğitim ve Yayın Dairesi Başkanlığı Matbaası, Ankara.
- Addis, G. and Narayan, R.K.J. 2000. Interspecific hybridisation of *Lathyrus sativus* with wild *Lathyrus* species and embryo rescue. *African Crop Science Journal* 8(2):129-136.
- Adli,,M. 2018.The CRISPR tool kit for genome editing and beyond. *Nat. Commun.* 9 (1): 1911.
- Andersen, S.B. 2003. Doubled haploid induction in ryegrass and other grasses.In: *Doubled Haploid Production in Crop Plants*, M. Maluszynski et al. (eds): 179-183. Springer Science+Business Media New York.
- Annicchiarico, P., Nazzicari, N., Ananta, A., Carelli, M., Wei, Y. and Brummer, E.C. 2016. Assessment of cultivar distinctness in alfalfa: a comparison of genotyping-by-sequencing, simple-sequence repeat marker and morphophysiological observations. *Plant Genome* 9(2):1-12.
- Anonim, 2022. Seed statistics. www.worldseed.org (Erişim Tarihi: 05.06.2022)
- Avcı, M., 2013. Ülkemizde Yem Bitkileri Islahı ve Tohumculuğu. Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi Nisan-Haziran 2013 sayı 6. S. 32-36.
- Barrett, B., Baird, I., and Woodfield, D. 2005. A QTL analysis of white clover seed production. *Crop Sci.* 45: 1844–1850.
- Barros, J., Temple, S., and Dixon, R.A. 2019. Development and commercialization of reduced lignin alfalfa. *Current Opinion in Biotechnology* 56:48–54.
- Bouton, J. and S. Easton, 2005 : Endophytes in forage cultivars. In : *Neotyphodium* in Cool-season Grasses. C. A. Roberts, C. P. West, D. E. Spiers, (eds.). Blackwell Publishing, Ames, IW.
- Bowley, S.R. 1997. Breeding methods for forage legumes. in McKersie, B.D., and D.C.W. Brown. eds. *Biotechnology and the Improvement of Forage Legumes*. New York, New York: CAB International
- Brummer, E.C. and Wang, Z.Y. 2020. Biotechnology and Molecular Approaches to Forage Improvement. In : *The Science of Grassland Agriculture*, Volume II, Seventh Edition, Kenneth J. Moore, Michael

- Collins, C. Jerry Nelson and Daren D. Redfearn (Edts), PP: 567-579. John Wiley & Sons Ltd. Published 2020 by John Wiley & Sons Ltd.
- Buxton, D.R. and Russell J.R. 1988. Lignin constituents and cell-wall digestibility of grass and legume stems. *Crop Science*, 28: 553-558.
- BÜGEM, 2022. Tohumculuk İstatistikleri. www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel -Üretim. (Erişim tarihi 21.06.2022)
- Calderini, O., Bovone, T., Scotti, C., Pupilli, F., Piano, E., and Arcioni, S. 2007. Delay of leaf senescence in *Medicago sativa* transformed with the *ipt* gene controlled by the senescence-specific promoter SAG12. *Plant Cell Rep.* 26, 611–615.
- Capstaff, N.M. and Miller, A.J. 2018. Improving the Yield and Nutritional Quality of Forage Crops. *Front. Plant Sci.* 9:535.
- Casler, M.D. and Vogel K.P. (1999). Accomplishments and impact from breeding for increased forage nutritional value. *Crop Science*, 39: 19-20.
- Chai, M., Zhou, C., Molina, I., Fu, C., Nakashima, J., Li, G., Zhang, W., Park, J., Tang, Y., Jiang, Q., and Wang, Z. Y. 2016. A Class II KNOX gene, KNOX4 controls seed physical dormancy. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 113 (25): 6997–7002.
- Dixon, R. A., Xie, D.-Y., and Sharma, S. B. 2005. Proanthocyanidins – a final frontier in flavonoid research? *New Phytol.* 165, 9–28. doi: 10.1111/j.1469-8137.2004.01217.x
- Endre, G., Kereszt, A., Kevei, Z., Sorina Mihacea, S., Kaló, P. and Kiss, G.B.2002. A receptor kinase gene regulating symbiotic nodule development. *Nature* 417 (6892): 962.
- Gao, R., Feyissa, B.A., Croft, M., and Hannoufa, A. 2018. Gene editing by CRISPR/Cas9 in the obligatory outcrossing *Medicago sativa*. *Planta* 247 (4): 1043–1050.
- Gedik, A., Özkan, H. ve Hatipoğlu, R. 2009. Bazı Mürdümük (*Lathyrus Sativus* L.) Varyete, Hat Ve Çeşitleri Arasındaki Morfolojik, Tarımsal Ve Moleküler Farklılıkların Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, 19-22 Ekim 2009, Hatay, Cilt I: 696-700.
- Giri, C.C. and Praveena, M. 2014. In vitro regeneration, somatic hybridization and genetic transformation studies: an appraisal on biotechnological interventions in grasses. *Plant Cell Tiss Organ Cult* 120(3): 843-860.

- Grabowski, P.P., Evans, J., Daum, C., Deshpande, S., Barry, K.W., Kennedy, M., Ramstein, G., Kaeppler, S.M., Buell, C.R. Jiang, Y. and Casler, M.D. 2017. Genome-wide associations with flowering time in switchgrass using exome-capture sequencing data. *New Phytol.* 213 (1): 154–169.
- Hancock, K.R., Collette, V., Fraser, K., Greig, M., Xue, H., Richardson, K., Jones, C. and Rasmussen, S. 2012. Expression of the R2R3-MYB transcription factor TaMYB14 from *Trifolium arvense* activates proanthocyanidin biosynthesis in the legumes *Trifolium repens* and *Medicago sativa*. *Plant Physiol.* 159 (3): 1204–1220.
- Hatipoğlu, R., Can, E., Çeliktaş, N. Ve Atış, İ. 2009. Yembitkileri Islahında Biyoteknolojik Yöntemlerden Yararlanma. In: Yembitkileri Genel Bölüm Cilt I, R.Avcıoğlu, R. Hatipoğlu, Y. Karadağ (eds.), S: 241-276. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü , İzmir.
- Humphreys, M.O. 1997. The contribution of conventional breeding to forage crop improvement. Proc. XVIII. Int. Grassland Congr. Vol 3:71-77. Winnipeg and Saskatoon.
- Hussain, S.W., Williams, W.M., Mercer, C.F., White, D.W.R. 1997. Transfer of clover cyst nematode resistance from *Trifolium nigrescens* Viv. to *T. repens* L. by interspecific hybridisation. *Theor. Appl. Genet.* 95, 1274–1281.
- Jain, S. M. 2001. Tissue culture-derived variation in crop improvement. *Euphytica*, 118: 153–166.
- Kapoor, R., Singh, T.P. and Khosla, G. 2018. Biotechnological Interventions in Forage Crops-A Review *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 7(7): 1229-1240.
- Kidwell, K.K, Bingham, E.T., Woodfield, D.R. and Osborn, T.C. 1994. Relationships among genetic distance, forage yield and heterozygosity in isogenic diploid and tetraploid alfalfa populations. *Theor Appl Genet* 89: 323-328.
- Li, Y.-G., Tanner, G.J., Delves, A.C. and Larkin, P.J. 1993 . Asymmetric somatic hybrid plants between *Medicago sativa* L. (alfalfa, lucerne) and *Onobrychis viciifolia* Scop . (sainfoin) . *Theor. Appl. Genet.* 87 : 455-463 .

- Li, Q., Robson, P. R. H., Bettany, A. J. E., Donnison, I. S., Thomas, H., and Scott, I. M. 2004. Modification of senescence in ryegrass transformed with IPT under the control of a monocot senescence-enhanced promoter. *Plant Cell Rep.* 22, 816–821. doi: 10.1007/s00299-004-0762-6
- Li, X., Wei, Y., Acharya, A., Jiang, Q., Kang, J. and Brummer, E.C. 2014. A saturated genetic linkage map of autotetraploid alfalfa (*Medicago sativa* L.) developed using genotyping-by-sequencing is highly syntenous with the *Medicago truncatula* genome. *G3: Genes, Genomes, Genet.* 4 (10): 1971–1979.
- Li, X., Alarcón-Zúñiga, B., Kang, J., Tahir, M.H.N., Jiang, Q., Wei, Y., Reyno, R., Robins, J.G. and Brummer, E.C. 2015. Mapping fall dormancy and winter injury in tetraploid alfalfa. *Crop Sci.* 55 (5): 1995–2011.
- Ludlow, E.J., Mouradov, A. and Spangenberg, G.C. 2009. Post-transcriptional gene silencing as an efficient tool for engineering resistance to white clover mosaic virus in white clover (*Trifolium repens*). *Journal of Plant Physiology* 166: 1557–1567.
- Lyons, P. C., R. D. Plattner, and C. W. Bacon, 1986 .Occurrence of peptide and clavinet ergot alkaloids in tall fescue grass. *Science*, 232 : 487-489.
- Marshall, A.H., Holdbrook-Smith, K., Michaelson-Yeates, T.P.T., Abberton, M.T. and Rhodes, I. 1998. Growth and reproductive characteristics in backcross hybrids derived from *Trifolium repens* L. × *T. nigrescens* Viv. interspecific crosses. *Euphytica* 104, 61–66.
- Min, B. R., Barry, T. N., Attwood, G. T., and McNabb, W. C. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106, 3–19.
- Monroy, A.F., Castonguay, Y., Laberge, S., Sarhan, F., Vezina, L.P. and Dhindsa, R.S. 1993. A new cold-induced alfalfa gene is associated with enhanced hardening at subzero temperature. *Plant Physiol.* 102 (3): 873–879.
- Nenz, E., Pupilli, F., Damiani, F. and Acioni, S. 1996. Somatic hybrid plants between the forage legumes *Medicago sativa* L. and *Medicago arborea* L. *Theor. Appl. Genet* 93:183-189.

- Park, J.-J., Yoo, C.G., Flanagan, A. Pu, Y., Debnath, S., Ge, Y., Ragauskas, A.J. and Wang, Z.Y. 2017. Defined tetra-allelic gene disruption of the 4-coumarate:coenzyme A ligase 1 (Pv4CL1) gene by CRISPR/Cas9 in switchgrass results in lignin reduction and improved sugar release. *Biotechnol. Biofuels* 10: 284.
- Paudel, D., Kannan, B., Yang, X., Harris-Shultz, K., Thudi, M., Varshney, R.K., Altpeter, F. and Wang, J. 2018. Surveying the genome and constructing a high-density genetic map of napiergrass (*Cenchrus purpureus* Schumach). *Sci. Rep.* 8 (1): 14419.
- Pembleton, L.W., Drayton, M.C., Bain, M., Baillie, R.C., Inch, C., Spangenberg, G.C., Wang, J., Forster, J.W. and Cogan, N.O.I. 2016. Targeted genotyping-by-sequencing permits cost-effective identification and discrimination of pasture grass species and cultivars. *Theor. Appl. Genet.* 129(5): 991–1005.
- Penna, S., Vitthal, S.B. and Yadav, P.V. 2012. In Vitro Mutagenesis and Selection in Plant Tissue Cultures and their Prospects for Crop Improvement. *Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability* ©2012 Global Science Books, 6-14.
- Radojevic, I., Simpson R.J., St John J.A. and Humphreys M.O. (1994). Chemical composition and in vitro digestibility of lines of *Lolium perenne* selected for high concentrations of water-soluble carbohydrate. *Aust. J. Agric. Res.*, 45: 901-912.
- Riday, H., Johnson, D.W., Heyduk, K., Raasch, J.A., Darling, M.E. and Sandman, J.M. 2013. Paternity testing in an autotetraploid alfalfa breeding polycross. *Euphytica* 194 (3): 335–349.
- Robins, J.G., Bauchan, G.R., and Brummer, C. 2007. Genetic mapping forage yield, plant height, and regrowth at multiple harvests in tetraploid alfalfa. *Crop Sci.* 47 (1) : 11-18.
- Sabancı, C.O. ve Tosun, M. 2009. Yembitkileri Islahı. In: Yembitkileri Genel Bölüm Cilt I, R.Avcıoğlu, R. Hatipoğlu, Y. Karadağ (eds.), S: 214-240. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, İzmir.
- Saito, M., Senda, M., Ishikawa, R., Akada, S., harada, S. and Niizeki, M. 2005. Characteristics of progeny originating from asymmetric somatic cell

- hybridization of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) and Rice (*Oryza sativa* L.). *Breeding Science* 55: 379-382.
- Spangenberg, G, Wang, Z.Y, Heat, R, Kaul, V and Garret, R. 1997. Biotechnology in pasture plant improvement: Methods and prospects. Proc. XVIII. Int. Grassland Congr. Vol 3:79-96. Winnipeg and Saskatoon.
- Spangenberg, G., Kalla, R., Lidgett, A., Sawbridge, T. and Ong, E.K. 2001. Transgenesis and Genomics in Molecular Breeding of Forage Plants. The XIX International Grassland congress took place in São Pedro, São Paulo, Brazil from February 11 through February 21, 2001, <https://uknowledge.uky.edu/igc/19/17/2>.
- Tanaka, T., Tamura, K.I., Ashikaga, K., Fujii, H. and Yamada, T. 2018. Marker-based paternity test in polycross breeding of timothy. *Crop Sci.* 58 (1): 273–284.
- Takamizo, T., Spangenberg, G., Sugino, K. and Potrykus, I. 1991. Intergeneric somatic hybridization in Gramineae : somatic hybrid plants between tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) *Mot. Gen. Genet.* 231 : 1-6 .
- Tavoletti, S., Pesaresi, P., Barcaccia, G., Albertini, E. and Veronesi, F. 2000. Mapping the jp (jumbo pollen) gene and QTLs involved in multinucleate microspore formation in diploid alfalfa. *Theor. Appl. Genet.* 101 (3): 372–378.
- TTSM, 2022. Milli Çeşit Listesi. www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM (Erişim tarihi 21.06.2022)
- Tu, Y., Rochfort, S., Liu, Z., Ran, Y., Griffith, M., Badenhorst, P., Louie, G.V., Bowman, M.E., Smith, K.F., Noel, J.P., Mouradov, A. and Spangenberg, G. 2010. Functional analyses of caffeic acid O-methyltransferase and cinnamoyl-CoA-reductase genes from perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *The Plant Cell* 22 (10): 3357–3373.
- Ünverdi, M.A., Özkan, H. ve Hatipoğlu, R. 2009. Türkiye’de Tescil Ettirilmiş Bazı Fiğ (*Vicia Sativa* L.) Çeşitleri Arasındaki Morfolojik Ve Moleküler Farklılıkların Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, 19-22 Ekim 2009, Hatay, Cilt I: 505-508
- Velmurugan, J., Mollison, E., Barth, S., Marshall, D., Milne, L., Creevey, C.J., Lynch, B., Meally, H., McCabe, M. and Milbourne, D. 2016. An ultra-

- high density genetic linkagemap of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) using genotyping by sequencing (GBS) based on a reference shotgun genome assembly. *Ann. Bot.* 118 (1): 71–87.
- Verdier, J., Zhao, J., Torres-Jerez, I., Ge, S., Liu, C., He, X., Mysore, K. S., Dixon, R. A., and Udvardi, M. K. . 2012. MtPAR MYB transcription factor acts as an on switch for proanthocyanidin biosynthesis in *Medicago truncatula*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109,1766–1771.
- Verma, J.S., 2019. Breeding forage crops for improved abiotic stress tolerance. A Review. *Forage Res* 45 (1): 1-9.
- Vleugels, T., Cnops, G., and Roldan-Ruiz, I. 2014. Improving seed yield in red clover through marker assisted parentage analysis. *Euphytica* 200 (2): 305–320.
- Waara, S. and Glimelius, K. 1995. The potential of somatic hybridization in crop breeding. *Euphytica* 85: 217-233.
- Wang, Z.Y., Bell, J., Cheng, X., Ge, Y., Han, K.J., Ma, X., Wright, E., Xi, Y., Xiao, X., Zhang, J.Y., Hopkins, A. and Bouton. J. 2007. Biotechnological Improvement of Forage Crops. In: *Biotechnology And Sustainable Agriculture 2006 And Beyond*, Z. Xu, J.Li, Y. Xue and W. Yang (Edts), PP:333-338, Springer.
- Woodfield, D.R. and Brummer, E.C. 2001. Integrating molecular techniques to maximize the genetic potential of forage legumes. (*Molecular Breeding of Forage Crops.*, Kluwer: Ed. Dordrecht S. G.) 51-65.
- Worthington, M., Heffelfinger, C., Bernal, D. , Quintero, C. Zapata, Y.P., Perez, J.G., Vega, J.D., Miles, J., Dellaporta, S. and Tohme, J. 2016. A parthenogenesis gene candidate and evidence for segmental allopolyploidy in apomictic *Brachiaria decumbens*. *Genetics* 203 (3): 1117–1132.
- Xu, J.P., Schubert, J. and Altpeter, F. 2001. Dissection of RNA-mediated ryegrass mosaic virus resistance in fertile transgenic perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant Journal* 26: 265–274.
- Yi, D., Sun, J., Su, Y., Tong, Z., Zhang, T. and Wang, Z. 2019. Doubled haploid production in alfalfa (*Medicago sativa* L.) through isolated microspore culture. *Scientific Reports* 9:9458, 1-7.

- Yorgancılar, M., Yakışır, E. ve Erkoyuncu, M. T. (2015). Moleküler Markörlerin Bitki Islahında Kullanımı. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 4(2), 1-12.
- Yu, L.X., Zheng, P., Zhang, T., Rodringuez, J. and Main, D. 2017. Genotyping-by-sequencing-based genome-wide association studies on *Verticillium* wilt resistance in autotetraploid alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Mol. Plant Pathol* 18 (2): 187–194.
- Zhang, J.Y., Broeckling, C.D., Blancaflor, E.B., Sledge, M.K., Sumner, L.W. and Wang, Z.Y. 2005. Overexpression of WXP1, a putative *Medicago truncatula* AP2 domain-containing transcription factor gene, increases cuticular wax accumulation and enhances drought tolerance in transgenic alfalfa (*Medicago sativa*). *Plant J.* 42: 689–707.

BÖLÜM 2

TUZLULUĞUN BUĞDAYDA VERİM VE KALİTE ÜZERİNE ETKİLERİ

İbrahim ACAR¹

Prof. Dr. Mehmet YAĐMUR²

¹ Kırşehir Ahievran Üniv. Zirat Fakültesi Tarla Bitkileri. Bölümü, Kırşehir-Türkiye, iboacar0668@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0006-1738-329x>

² Kırşehir Ahievran Üniv. Zirat Fakültesi Tarla Bitkileri. Bölümü, Kırşehir-Türkiye, mehmetyang@yahoo.com. <https://orcid.org/0000-0002-0136-4637>

GİRİŞ

Buğday, gıda ve beslenme güvenliğinin sağlanmasında çok önemli bir konuma sahiptir. Buğday (*Triticum aestivum* L.) dünyanın önemli bir tahıl ürünüdür. Ekim alanı ve üretim olarak buğday Dünyada 224.090 (bin ha) ekim alanı ve üretim miktarı ise 794.440 (bin ton) dur. Türkiye’ de ise ekim alanı 7.000 (bin ha), üretim miktarı 17.000 (bin ton) dur (Anonim, 2022)

Genel olarak tüm bitkiler buldukları ortam ile sürekli etkileşim halindedir. İçinde buldukları çevrede meydana gelen her değişim, bitki büyüme ve gelişmesini de belirli oranda etkilemekte ve stres kavramını ortaya çıkarmaktadır. Tüm bitkilerde olduğu gibi buğday da en iyi bitki büyüme ve gelişimini kendileri için en uygun olan çevre koşullarında gösterirler. Normal şartlarda büyümelerini devam ettirebilmelerine rağmen, beklenmedik bir çevre koşullarına sürekli veya zaman zaman maruz kalmaları sonucunda, gelişimlerini ve hayatta kalmalarını etkileyecek bazı olumsuz faktörler bitkide bazı fizyolojik değişimleri meydana gelebilir (Shao ve ark., 2005). Bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyen tüm çevresel faktörlere bitki stres faktörleri olarak isimlendirilmektedir. Buğday üreticileri birim alanda daha yüksek yada optimum düzeyde fide elde etmeyi hedeflemektedirler, ancak buğdayda bazı biyotik ve abiyotik stresler tarla koşullarında fide oluşumunu önemli derecede azaltmaktadır. Son zamanlarda, bitki büyümesini sınırlayan en önemli abiyotik stresler tuz ve kuraklık stresi ayrı ayrı yada birlikte ortaya çıkmaktadır. Bu abiyotik stresler, bazı çevresel bileşenlerin eksikliğinden dolayı tarla koşullarında ortaya çıkar. Yağış yetersizliğinden kaynaklı kuraklık stresi bitkilerin ortaya çıkışından hemen sonra ortaya çıkar ve yağmurla beslenen çiftçilikte erken sezon kuraklığına yol açar. Bunun yanında Tohum çimlenmesi üzerinde kuraklık kadar olumsuz etkisi olan stress toprak tuzluluğudur (Yağmur ve ark., 2007).

Abiyotik stresler hem Dünyada hemde ülkemizde son yıllarda önemli düzeyde tarımsal üretimi negatif olarak etkilemektedir. Genel olarak kuraklık stresi en etkili stres faktörü olup tarım alanlarının % 26’ı etkilenmektedir. Bu stres faktörünü tuz stresi takip eder ve yurdumuz topraklarının yaklaşık 1.5 milyon hektarlık kısmı tuzluluk sorunuyla karşı karşıyadır. Yeryüzünde ise 800 milyon hektardan fazla alan tuzluluktan etkilenmektedir. Bu alan dünyanın tüm karasal alanlarının % 6’ sından fazladır.

Bitkilerin tuzluluğa tepkisi birbirini izleyen iki aşamada açıklanabilir (Arzani ve Ashraf, 2016), birinci aşamada tuzluluk, toprak su potansiyelindeki azalma nedeniyle ozmotik strese neden olur (James ve ark., 2006). İkinci aşama birkaç gün veya hafta içinde (tuzluluğun şiddetine bağlı olarak) gelişir ve Na biriktirir. Farklı bitki dokularındaki iyonlar, verimin düşmesine ve hatta bitki ölümüne neden olur (Munns ve Tester, 2008). Tuzluluk altında, Na⁺ hem ozmotik stres hem de iyonik toksisite uygulayan toksik iyon ilkesidir (Munns ve Tester, 2008).

Tuz Stresinin Buğdayda Büyüme ve Gelişme Üzerine Olumsuz Etkileri

Farklı tuzluluk derecelerinden etkilenen tarım arazilerinin çoğu yarı kurak veya kurak bölgelerde yer almaktadır (Liu ve ark., 2020). Bunun yanında Huang ve ark. (2008), buğdaya verilen zararın çoğunlukla, kuraklık ve yüksek sıcaklık gibi kserotermik özelliklerin senkronize etkisiyle yoğunlaştığı sonucuna varmıştır. Bu durumda tuzluluk, bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal faaliyetleri değiştirerek buğdayın verimini ve kalitesini en olumsuz etkileyen faktördür.

Toprak tuzluluğu, toprak erozyonundan sonra arazi bozulmasından sorumlu olan ve 10.000 yıldır tarımsal ekonomik çıktılarda düşüşe neden olan ikinci ana faktördür (Shahid ve ark., 2018). Tuzluluk çimlenmeyi (Murillo-Amador ve ark, 2000; Gehlot ve ark, 2005; Sharma ve ark, 2004), kuru madde birikimini, net CO₂ asimilasyon oranını, bağıl büyümeyi, yaprak hücresi genişlemesini ve nihai yaprak büyümesini azaltır (Murillo-Amador ve ve ark., 2000; Cramer ve ark., 2001; Saqib ve ark., 2004; Mansour ve ark., 2005). Bitki büyümesi sonuçta tuzluluk stresıyla azalır, ancak bitki türlerinin tuzluluğa karşı farklı tepkileri vardır. Bitkilerin tuz toleransı, büyüme aşamalarına göre değişebilir (Munns ve Termaat, 1986; Mass ve ark., 1994; Rogers ve ark., 1995; Flowers ve ark., 1997; Demir ve Kara, 2018).

Toprak tuzluluğu, fide büyümesi, bitki boyu, sürgün ve kök uzunluğu, kök sayısı, yaprak, yaprak alanı, taze ve kuru ağırlık, kök/gövde oranı ve klorofil içeriği dahil olmak üzere buğday bitkilerinin çeşitli morfolojik özelliklerini zararlı bir şekilde etkiler. Ahmed ve ark. (2013), tuzluluk streşi nedeniyle buğdayın erken olgunlaşmasının bitki boyunu ve yaprak alanını

azalttığını gözlemlemiş ve erken büyüme aşamalarında sapçık uzunluğunun en hassas olduğunu bulmuştur.

Tuz Stresinin Buğdayda Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri

Tohum çimlenmesi, daha yüksek tohum verimiyle sonuçlanan optimum fide sayısını elde etmek için bitki gelişiminde önemli bir süreçtir. Çimlenme ve fide büyümesi, fide sayısını ve fide büyümesini sınırlayan belki de en önemli toprak kaynaklı abiyotik streslerden ikisi olan tuz ve kuraklık stresidir (Kaydan ve Yağmur, 2008). Bitkinin ilk gelişme dönemi, çimlenme, çıkış ve erken fide gelişimi üç bölümden oluşur ve özellikle toprak tuzluluğuna duyarlıdır. Başarılı fide oluşumu, yağışın sıklığına ve miktarına olduğu kadar, toprak nemi ve toprağın ozmotik potansiyeli ile tohum türlerinin çimlenme ve büyüme yeteneğine de bağlıdır (Welbaum ve ark., 1990; Roundy, 1985; Demir, 2019).

Tuzluluk, su alımını engelleyen ozmotik stres uygulayarak veya iyonik toksisiteye neden olarak tohum çimlenmesini engeller. Bu sonuçlar toplu olarak hücre bölünmesini ve genişlemesini engeller ve ayrıca bazı anahtar enzimlerin aktivitesini modüle eder, böylece son olarak tohum rezervlerinin kullanımını azaltır (El-Hendawy ve ark., 2019). Yapılan bir çalışmada kuraklık ve tuz stresine bağlı düşük osmotik potansiyellerde çimlenme oranı oldukça düşük bulunmuş olup, tolera edilebilir stres yoğunluklarında (-0.77 MPa) sadece çimlenmenin geciktirildiği, oysa en yüksek tuz ve kuraklık konsantrasyonlarında (-1.44 MPa) çimlenme yüzdelerinin önemli derecede azaldığı hatta çimlenmenin gerçekleşmediği gözlenmiştir. (Yağmur ve ark., 2008 a). Tuzluluğun etkisi buğday çeşitlerinin fide döneminde çimlenme yüzdesindeki azalmadan, sürgün ve köklerin taze ve kuru ağırlıklarından çeşitli besin iyonlarının alımına kadar belirlenmiştir (Afzal ve ark., 2005; Yağmur ve ark., 2007).

Tuzluluk, tohum çimlenmesini olumsuz etkileyen en önemli abiyotik streslerden biridir. Bitki yaşamının en kritik aşamalarından ilki olan tohumların çimlenmesidir. Zayıf çimlenme ve azalan fide büyümesi, üretim alanında zayıf fide tesis oluşumuna neden olur. Bunun yanında zayıf çimlenme sırasıyla aşağıdakilere neden olur (Soltani ve Galeshi, 2002; Soltani ve ark., 2006): (a) buğdayın yabancı otlarla rekabet gücünü azaltır (b) toprak yüzeyinin daha az gölgelenmesi ve ardından buharlaşma yoluyla daha yüksek toprak suyu kaybı

ve dolayısıyla bitki için daha düşük su miktarı; (3) daha düşük ışık yakalama ve verim potansiyeli; (4) turgor basıncı açığının düşük olduğu erken sezonda daha düşük büyüme ve sonuç olarak transpirasyon ile birim su kaybı başına düşen CO₂ fiksasyonu (Condon ve ark., 1993; Tanner ve Sinclair, 1983) düşer.

Genel olarak bitkiler çimlenme aşamasından başlayıp tohum üretimine kadar olan tüm büyüme ve gelişme dönemlerinde tuz stresine karşı duyarlıdır (Jeevan Kumar ve ark. 2015; Sorty ve ark. 2016). Bununla birlikte, tohumların çimlenmesi, buğdayın tane üretimindeki başarısızlığa veya hayatta kalmasında zorunlu bir rol oynayan kilit faktördür. Ayrıca buğdayda su ve besin alımını engeller (Gong ve ark. 2018). Bunun yanında tuz stresi altında gelişimin erken aşamasında fidelerin hayatta kalması, bitki popülasyonunun olgunluk aşamasına kadar hayatta kalma şansını artırır (Kader ve Jutzi 2004). Yüksek tuz konsantrasyonu, fizyolojik ve metabolik dengeyi bozarak ve tohum çimlenme oranını önemli ölçüde azaltarak kök gelişimini sınırlar (Munns ve ark., 2006). Erken fide büyümesi sırasında, tuzluluk ve toprak dokusu, su stresi belirtileri gösteren fidelerin gelişimini etkilemektedir. Su stresi ortaya çıktıktan birkaç gün sonra zaten gözlemlenebilir, daha yüksek su stresi, daha düşük yaprak su potansiyeli, stoma iletkenliği ve buharlaşma-terleme ile ifade edilir ve daha düşük yaprak alanı ve kuru madde üretimi (Katerji ve ark., 1994; El-Hendawy ve ark., 2005) olarak ortaya çıktığı belirlenmektedir.

Tuzluluk ayrıca toprakta çözünen maddelerin ozmotik potansiyelini azaltarak iyi sulanan topraklarda bile su eksikliğine neden olur ve böylece köklerin çevrelerindeki ortamdan su alınmasını zorlaştırır (Sairam ve Srivastava, 2002). Bazı bitkiler yüksek NaCl konsantrasyonları altında tuz toleransının incelenmesi, bitkilerin erken ve geç büyümesi, her gelişim aşamasındaki tuz limitlerinin belirlenmesi için önemlidir (Zapata ve ark., 2004). Buğdayın (*Triticum aestivum* L.) tohum çimlenmesi ve fide büyümesi ve diğer bitkiler gibi tuzluluk stresinden olumsuz etkilenmektedir (Hampson ve Simpson, 1990).

Topraktaki tuz birikimi, bitki gelişimini farklı derecede etkileyebilir ve tuz stresine değişik bitki türlerinin tepkileri de farklı olmaktadır. Genellikle, 0-0,8 dS m⁻¹ arasındaki EC değerleri bitkisel üretim bakımından kabul edilebilir değerler olarak ifade edilirken, bitki bazında ise özellikle tahılların gerek çimlenme gerekse erken fide döneminde yüksek tuzluluğa karşı duyarlı oldukları bildirilmiştir (Ghoulam ve Fares, 2001). Buğday (*Triticum aestivum*

L.) orta derecede tuza dayanıklı bitkiler grubunda olup, toprakta 100 mM NaCl seviyesinde tuzluluk olduğu durumlarda buğdayda verimi azalırken, eltik bitkisinin gelişme öncesi tamamen öldüğü belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, tuzluluğa en dayanıklı olan arpada da 250 mM NaCl tuz konsantrasyonunda uzun süre kaldığı durumlarda bitki ölümlerinin gerçekleştiği ifade edilmiştir. Makarnalık buğdaylar, mısır ve sorgum gibi ve diğer tahıl cinslerinin de tuzluluğa karşı ekmeçlik buğdaylardan daha az dayanıklı olduğu bildirilmektedir (Munns ve ark., 2006).

Tuz stresi çalışmalarında bitkinin çimlenme ve fide gelişim dönemleri üzerinde daha fazla durulmakta ve türlerin tuza tepkilerinin belirlenmesinde bu gelişim evreleri daha çok dikkate alınmaktadır. Özellikle bitkinin çimlenme döneminde görülen bu olumsuzluğun esas nedeni tuzun tohum içerisine su alımını engellemesidir. Ayrıca tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde görülen verim azalışının nedenleri arasında; aşırı miktarda bulunan Na⁺ ve Cl⁻ gibi iyonların neden olduğu toksik etki, bitki iyon dengesindeki bozulmalar, bitkinin farklı bölgelerine besin taşıınmasındaki problemler, fotosentez ve solunum gibi fizyolojik işlevlerin zarar görmesi gösterilmektedir (Kara ve ark. 2011).

Topraktaki fazla tuz miktarı bitkiyi çimlenmeden hasada kadar etkiler. Bitkileri iki şekilde etkileyebilir: a) bitkilere su giriş hızını azaltarak, b) toksik iyonların girişini teşvik ederek. Genel olarak tuzluluk sorunu, sulama suyundaki tuz konsantrasyonunun artmasıyla artmaktadır. Tuzluluğa bağlı ürün büyüme düşüşü, genellikle kök bölgesi toprak çözeltisinin ozmotik potansiyeli ile ilgilidir. Bu, bazı fizyolojik değişikliklere ve ürün üretiminde önemli azalmaya yol açacaktır. Tuz stresi durumundaki bitkiler, normal fizyolojilerini korumak ve buldukları durumla yüzleşmek için sıkı bir beslenme dozu gerektirir. Bu koşullarda, büyümelerini ve gelişmelerini hızlandırmak için hem makro hem de mikro besin öğelerinin dengeli beslenmesine ihtiyaç duyarlar. Genellikle makro besinler N, P, K kapsamlı bir şekilde sağlanır ancak mikro besinler genellikle göz ardı edilir. Ancak, özellikle zorlu koşullar altında daha iyi ürün verimi için gereklilikleri ihmal edilemez. Tuzluluk, fide çimlenmesinin başlamasını geciktirir, fide büyümesini ve çimlenme olaylarının dağılımını, fide metabolizmasını azaltır, bitki büyümesinde ve ürün verimliliğinde azalmaya neden olur (El Sabagh ve ark., 2020).

Tuz stresinin buğdayda kardeşlenme üzerine etkisi

Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) tane verimi büyük ölçüde bitki başına üretilen fertil kardeş sayısına bağlıdır. Tuzluluk, kuraklık ve diğer çevresel stresler, kardeşlerin gelişimini ve yaşayabilirliğini büyük ölçüde etkileyebilir. Buğday çeşitleri Anza ve Yecora Rojo'da toprak tuzluluğunun kardeş gelişimi ve kardeşlenme sıklığı üzerindeki etkilerini belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada. Tuzluluk, her iki çeşitte de birincil ve ikincil kardeş sayısını önemli ölçüde azaltmıştır. Tuzdan etkilenmiş topraklarda birim alan başına beklenen fertil bitkilerinin sayısını artırmak için ekim yoğunluklarının ayarlanması, verimin korunmasına yardımcı olabileceği bildirilmiştir (Maas ve ark., 1994). Tuzluluk, toprak nemi mevcudiyetini azaltarak ve yüksek konsantrasyonlarda sodyum ve klorür iyonlarının bitki üzerindeki toksisite etkilerinden dolayı bitkilerinin büyümesini ve verimini olumsuz etkiler (Munns ve Tester, 2008). Bunun yanında tuzluluk stresi buğdayın tüm fenolojik fazlarını hızlandırır (Mass ve ark., 1994), verimli kardeş sayısını azaltır (Abbas ve ark., 2013), başakçık sayısını azaltır (Frank ve ark., 1987), tane ağırlığı (Abbas ve ark., 2013) ve tane verimini olumsuz etkiler. Örneğin, tuz stresi uygulanan buğdayda % 45'e varan verim kayıpları kaydedilmiştir. Tuzluluk stresi, tuzdan etkilenmiş topraklarda fide oluşumunu, kardeş oluşumunu ve tane ağırlığını geliştiren sitokinin ile priming yapılması tuzun şiddeti hafifletilebileceği bildirilmiştir (Iqbal ve ark., 2006).

Tuz Stresinin Buğdayda Sap ve Yaprak Özellikleri Üzerine Etkisi

Genel olarak toprak tuzluluğu, fide büyümesi, bitki boyu, sürgün ve kök uzunluğu, kök sayısı, yaprak, yaprak alanı, taze ve kuru ağırlık, kök/göve arke oranı ve klorofil içeriği dahil olmak üzere buğday bitkilerinin çeşitli morfolojik özelliklerini zararlı bir şekilde etkiler. Tuzluluk ayrıca yaprak sayısı, yaprak genişleme hızı ve kök/gövde oranı ve biyokütle üretimi gibi buğday fenolojik gelişmelerini de olumsuz etkiler. Tuzlu ortam, bağıl su içeriği, yaprak su potansiyeli, su alımı, terleme oranı, su tutma ve su kullanım verimliliği dahil olmak üzere bitki su ilişkilerini bozar. Tuzluluk, toprak nemi mevcudiyetini azaltarak ve yüksek konsantrasyonlarda sodyum ve klorür iyonlarının bitki üzerindeki toksisite etkilerinden dolayı buğday bitkilerinin büyümesini ve verimini olumsuz etkiler. Tuzluluk stresi buğdayın tüm fenolojik fazlarını

hızlandırır, verimli kardeş sayısını azaltır, başakçık sayısını azaltır. Yapılan bir çalışmada 75 ve 100 mmol tuz stresi uygulanan buğdayda önemli ölçüde kök ve sap büyümesinin yavaşladığı tespit edilmiş olup, fakat tuzluluk sap büyümesini kök büyümesinden daha fazla etkilediğini bildirilmiştir. Tuz stresi erken olgunluğu uyararak ve hızlı yaprak yaşlanması sağlar. Yaprak alanında düşmesi neticesinde tane veriminin düşmesine neden olmaktadır.

Buğdayda farklı büyüme aşamalarında tuz stresine tüm büyüme ve verim bileşenlerini azaltmıştır. Sapa kalkma döneminden önce uygulanan tuzluluk başakçık farklılaşması, başak başına başakçık sayısını azalttı ve bitki başına kardeş sayısı, oysa sapa kalkmadan sonra başakçıktan sonra uygulanan tuzluluk farklılaşma, yalnızca tane sayısını ve ağırlığını önemli ölçüde azaltmıştır. Tuzluluk vejetatif büyümede olduğu kadar üreme dönemi büyümede de büyük bir azalmaya neden olmaktadır. Bu azalma, bitki ve yaprak alanı başına kardeş sayısının azalması yoluyla olmuştur (Gorham ve ark., 1985; Sharma ve Kumar, 1985). Genellikle tuzluluk çimlenmeyi direk olarak etkileyerek tohumun çimlenmesini direkt engeller. Tuz stresi şartlarında yetiştirilen buğdayda öncelikle çimlenmenin engellenmesi yanında sap veriminde önemli düşüşler meydana gelir. Bunun yanında biyolojik verim, başakta başakçık sayısı, başak başına tane sayısı, tek tane ağırlığı, bitki başına kardeş sayısı ve toplam kardeş sayısı azalır. Tuz stresi erken olgunluğu uyararak (Ayer ve ark., 1952) ve hızlı yaprak yaşlanması sağlar (Iqbal, 1992). Tüm bu verim kriterlerindeki azalmalar yanında yaprak alanında düşmesi neticesinde tane veriminin düşmesine neden olmaktadır. Buğday verimindeki düşüş, esas olarak kardeşlenmedeki azalma ve daha az taneden kaynaklanmaktadır. Hatta başak tane veriminin düşüşü hem sürgün hem de kök büyümesinin olumsuz yönde etkilenmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Tuzluluk ayrıca yaprak sayısı, yaprak genişleme hızı ve kök/gövde oranı (El-Hendawy ve ark., 2005) ve biyokütle üretimi gibi buğday fenolojik gelişmelerini de olumsuz etkiler. Tuzlu ortam, bağıl su içeriği, yaprak su potansiyeli, su alımı, terleme oranı, su tutma ve su kullanım verimliliği dahil olmak üzere bitki su ilişkilerini bozar (Nishida ve ark., 2009).

Buğdayda başak ve tane verim özellikleri üzerine etkisi

Tuz stresi şartlarında özellikle biyolojik verim, başakta başakçık sayısı, başak başına tane sayısı, tek tane ağırlığı, bitki başına kardeş sayısı ve toplam

kardeş sayısı azalır. Tane verimindeki azalma, başak tane veriminin düşüşü hem kardeş sayısı hem de kök büyümesinin olumsuz yönde etkilenmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Tuz stresi uygulanan buğdayda % 45'e varan verim kayıpları kaydedilmiştir. Bir çalışmada tuz stresin (15 dSm^{-1}) toleranslı ve hassas buğday çeşitlerinde başakta tane sayısını, 1.000 tane ağırlığını ve tohum verimini önemli ölçüde azalttığını bildirilmiştir (Ali ve ark., 2009; Hasan ve ark., 2015). Buğday veriminin bağıl tuz toleransı $7.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ olup verim düşüşü $9.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 'de %25'tir (Kramer, ve Amtmann, 2012) Büyüme ve verimdeki azalma, çeşitler ve ortamın tuz konsantrasyonları arasında değişir (Sultana ve ark., 2000)

Ashraf ve Ashraf (2016), tarafından buğdayda tuz stresi uygulamalarında fizyolojik ve biyokimyasal özellik değişikliklerinin farklı bitki gelişim dönemlerine özgü olduğunu ve nihai verim potansiyeline etkilediği öne sürmektedir. Örneğin, çiçeklenme döneminde, dane dolum başlangıcı ve sarı tane olumu gibi farklı aşamalarda tuzluluk, tane veriminde sırasıyla % 39,1, % 24,3 ve %13,4 oranında azalmaya neden olduğu bildirilmiştir. Olgunlaşmanın son aşamasında tuz stresinin tane verimi üzerine etkisi nerdeyse çok azdır. Stres koşulu altında kontrol şartlara göre başak uzunluğu, bitkide dolu başakçık sayısı, bitkide toplam başakçık sayısı ve tek tohum ağırlığı gibi verim bileşeni özellikleri, sırasıyla %8, 37, 20 ve 10'a kadar düşmüştür. Nihai tane verim ise % 16 kadar düşmüştür.

Tuz stresinin buğdayda tane kalite özellikleri üzerine etkisi

Tuzluluk, bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal faaliyetleri değiştirerek buğdayın verimini ve kalitesini en olumsuz etkileyen faktördür. Hüresel seviyede biyomoleküllere (örn. lipitler, proteinler ve nükleik asitler) (Apel ve Hirt, 2004; Şahin ve Demir, 2021) zarar veren ve redoks homeostazını değiştiren Na^+ toksisitesine bağlı olarak ROS üretimi, tuz stresi altında yaygın bir olgudur (Kundu ve ark., 2018).

Tuz stresinin buğdayda tane kalite özellikleri üzerine etkisine bakıldığında, Toprak tuzluluğu, bitkilerde meydana gelen hayati metabolik, biyokimyasal ve fizyolojik süreçler üzerinde zararlı etkiler oluşturarak tahıl kalitesinin bozulmasına neden olur. Tuzluluğun neden olduğu tane kalitesindeki değişikliklerin boyutu, stresin sertliğine bağlıdır. Kök bölgesinde tuzların birikmesi nedeniyle tane kalitesi olumsuz etkilenir. Buğday, dünya

çapında insanlar için hayati bir karbonhidrat ve protein kaynağıdır (Siddiqui ve ark., 2019). On yıllardır buğday verimini artırmaya ilişkin önemli başarılar elde edildi. Bununla birlikte, insan yaşam tarzının gelişmesiyle birlikte daha kaliteli tahıla olan talep de artmıştır (Park ve ark., 2009). Daha önce çoğu araştırmacı, tuzluluğun buğday tanesi verimi üzerindeki etkilerine odaklanmıştır (Zheng ve ark, 2009), ancak tuza dayanıklılık ve tahıl kalitesi arasındaki ilişkiler hakkında çok az şey biliniyor. Tuzluluk seviyelerinin tahılların tane kalitesi üzerinde çeşitli etkileri vardır. Tuzluluk seviyelerinin, özellikle 150 mM NaCl'nin ötesinde, tane verimini önemli ölçüde azalttığı, bu sayede tane kalitesindeki bozulmanın 100 mM'de önemli kaldığı sonucuna varılmıştır (Farooq ve Azam, 2005; Şahiner ve Demir, 2020.). Tuzluluğun, stresin meydana geldiği bitki büyüme aşamasına bağlı olarak tahılların besin değeri üzerinde değişken bir etkisi vardır. Özellikle tuza dayanıklı çeşitlerde tane verimini artırmaya yönelik ıslah yaklaşımları, bu özellikler genellikle kalite ile ters orantılı olduğundan tane kalitesini olumsuz etkilemiştir. Tuzluluk nedeniyle tahıldaki protein, yağ ve lif içerikleri önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir. Uygulanan tuzluluğa tepki olarak, protein içeriği tuza hassas buğday genotiplerinde iyileşirken, toleranslı genotiplerde azalmıştır. Kül ve beta-karoten içerikleri artarken glüten indeksi önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Katerji ve ark, 2005). Aynı zamanda, Maqsood ve ark. (2008), tahılların protein ve lif içeriklerindeki azalmanın, tane kalitesini bozan tuzların kök bölgesinde birikmesinden kaynaklandığı sonucuna varmıştır. Tüm bunlara ek olarak, dış ortamdaki daha yüksek Na⁺ konsantrasyonu, azot emilimini engelleyerek buğday tanelerinde daha düşük protein içeriğine yol açtığı belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Ahmad, M., Shahzad, A., Iqbal, M., Asif, M., and Hirani, A. H., 2013. Morphological and molecular genetic variation in wheat for salinity tolerance at germination and early seedling stage. *Austral. J. Crop Sci.* :66-76
- Afzal, I., Shahzad M., Ahmad B.N., Ahmad M. F., 2005. Optimization of hormonal priming techniques for alleviation of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) .Caderno de Pesquisa Ser. Bio., Santa Cruz do Sul.17: 95-109
- Ali, A., Basra, S. M. A., Ahmad, R., and Wahid, A., 2009. Optimizing silicon application to improve salinity tolerance in wheat. *Soil Environ*, 28, 136–144.
- Anonim, 2022. www.tuik.gov.tr 2022 Tarımsal veriler, Erişim: 13.04.2022
- Apel, K., Hirt, H., 2004. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55, 373-379.
- Arzani, A, Ashraf A., 2016. Smart engineering of genetic resources forenhanced salinity tolerance in crop plants. *Crit Rev Plant Sci* 35:146–89.
- Ashraf, M. A., Ashraf, M., 2016. Growth stage-based modulation in physiological and biochemical attributes of two genetically diverse wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars grown in salinized hydroponic culture. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23, 6227–6243
- Ayman, EL Sabagh, Mohammad Sohedul Islam, Milan Skalicky, Kulvir Singh, Mohammad Anwar Hossain, Akbar Hossain, Wajid Mahboob, Muhammad Aamir Iqbal, Disna Ratnasekera, Rajesh Kumar Singhal, Sharif Ahmed, Arpna Kumari, Allah Wasaya, Oksana Sytar, Marian Brestic, Fatih ÇİG, Murat Erman, Muhammad Habib Ur Rahman, Najeeb Ullah and Adnan Arshad.2021. Salinity Stress in Wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Changing Climate: Adaptation and Management Strategies 3-14
- Condon, AG, Richards RA, Farquhar GD., 1993. Relationships between carbon isotope discrimination, water use efficiency andtranspiration efficiency for dryland wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 44, 1693–1711.
- Cramer, G.R., C.L. Schmidt and C. Bidart, 2001. Analysis of cell wall hardening and cell wall enzymes of salt-stressed maize (*Zea mays*) leaves. *Aust. J. Plant Physiol.*, 25: 101-109.
- Demir, I., Kara, K., 2018. Effect of different environment condition on yield and oil rates of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(2), 989-995.
- Demir, I. (2019). The effects of sowing date on growth, seed yield and oil content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars under rainfed conditions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(9), 6849-6857.

- El-Hendawy, SE, Al Suhaibani NA -, Hassan WM, Dewir YH, Elsayed S, 2019. Evaluation of wavelengths and spectral reflectance indices for high-throughput assessment of growth, water relations and ion contents of wheat irrigated with saline water *Agricultural Water Management* 212, 358-377
- El-Hendawy, S.E., Hu Y., Schmidhalter U., 2005. Growth, ion content, gas exchange and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerances. *Aust. J. Agric. Res.*, 56: 123-134.
- Farooq, S., Azam, F., 2005. The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties. *J. Plant Physiol.* 163, 629–637.
- Flowers, T.J., Garcia A., Koyama M., Yeo A.R., 1997. Breeding for salt tolerance in crop plants-the role of molecular biology. *Acta Physiologiae Plantarum*, 19: 427-433.
- Gehlot, H.S., Purohit A., Shekhawat, N. S. 2005. Metabolic changes and protein patterns associated with adaptation to salinity in *Sesamum indicum* cultivars. *J. Cell Mol. Biol.*, 4: 31-39.
- Ghoulam, C, Fares K., 2001. Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) *Seed Sci. Tech.*, 29, pp. 357-364
- Ghulam, Abbas, Muhammad Saqib, Qaisir Rafique, M. Atiq ur Rahman, Javaid Akhtar, M. Anwar ul Haq and M. Nasim, 2013. Effect of salinity on grain yield and grain quality of wheat (*Triticum aestivum* L.) *Pak. J. Agri. Sci.*, Vol. 50(1), 185-189.
- Gong DH, Wang GZ, Si WT, Zhou Y, Liu Z, Jia J. 2018. Effects of Salt Stress on Photosynthetic Pigments and Activity of Ribulose-1,5-bisphosphate Carboxylase/Oxygenase in *Kalidium foliatum*. *Russ J Plant Physiol.* ;65: 98–103.
- Hampson CR, Simpson GM. 1990. Effects of temperature, salt and osmotic pressure on early growth of wheat (*Triticum aestivum*). 1. Germination. *Can. J. Bot.* 68, 524–528.
- Hasan, A., Hafiz, H. R., Siddiqui, N., Khatun, M., Islam, R., and Mamun, A. A. (2015). Evaluation of wheat genotypes for salt tolerance based on some physiological traits. *J. Crop Sci. Biotechnol.* 18, 333–340.
- Huang, J.; Zhang, W.; Zuo, J.; Bi, J.; Shi, J.; Wang, X.; Chang, Z.; Huang, Z.; Yang, S.; Zhang, B.; et al. An overview of the semi-arid climate and environment research observatory over the loess plateau. *Adv. Atmos. Sci.* 2008, 25, 906–921.
- Iqbal, M., Ashraf, M., Jamil, A. (2006). Seed enhancement with cytokinins: changes in growth and grain yield in salt stressed wheat plants. *Plant Growth Regulat.* 50:29–39.

- James, RA, Davenport RJ, Munns R (2006) Physiological characterization of two genes for Na⁺ exclusion in durum wheat, Nax1 and Nax2. *Plant Physiol* 142:1537
- Jeevan, Kumar SP, Rajendra Prasad S, Banerjee R, Thammineni C. Seed birth to death: Dual functions of reactive oxygen species in seed physiology. *Ann Bot.* 2015;116: 663–668.
- Kader, MA, Jutzi SC. 2004. Effects of Thermal and Salt Treatments during Imbibition on Germination and Seedling Growth of Sorghum at 42/19°C. *J Agron Crop Sci.*;190: 35–38.
- Kara, B., İ. Akgün, D. Altındal, 2011. Triticale Genotiplerinde Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Tuzluluğun (NaCl) Etkisi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(1):1-9.
- Katerji, N., Van Hoorn, J. W., Fares, C., Hamdy, A., Mastrorilli, M., Oweis, T., 2005. Salinity effect on grain quality of two durum wheat varieties differing in salt tolerance. *Agric. Water Manage.* 75, 85–91.
- Katerji, N., Von Hoorn J.W., Hamdy A., Karam F., Mastrorilli M., 1994. Effect of salinity on emergence and on water stress and early seedling growth of sunflower and maize. *Agric. Water Manage.*, 26: 81-91.
- Kaydan, D, Yagmur M., 2008. Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl. *Afr. J. Biotechnol* 7:2862
- Kaydan, D., Yagmur M., Okut N., 2007. Effects of Salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13 (2), 114-119
- Kramer, U. and Amtmann, A., 2012. Salt Stress Signals Shape the Plant Root Carlos S Gal-van-Ampudia and Christa Testerink. *Plant Biology*, 14, 296-302.
- Liu, J, Ishitani M, Halfter U, Kim C-S, Zhu J-K., 2000. The Arabidopsis thaliana SOS2 gene encodes a protein kinase that is required for salt tolerance. *Proc Natl Acad Sci* 97 (7):3730–3734
- Maas, E.V., S.M. Lesch, L.E. Francois, and CM. Grieve., 1994. Tiller development insalt-stressed wheat. *Crop Sci.* 34:1594-1603
- Mansour, M.M.F., Salama K.H.A., Ali F.Z.M., Abou Hadid A.F., 2005. Cell and plant responses to NaCl in *Zea mays* L. cultivars differing in salt tolerance. *Gen. Applied Plant Physiol.*, 31: 29-41.
- Maqsood, T., Akhtar, J., Farooq, M. R., Haq, M. A., and Saqib, Z. A. (2008). Biochemical attributes of salt tolerant and salt sensitive maize cultivars to salinity and potassium nutrition. *Pakistan J. Agric. Sci.* 45, 1–5.

- Mass, E.V., Lesch S.M., Francois L.E., Grieve C.M., 1994. Tiller development in salt-stressed wheat. *Crop Sci.*, 34: 1594-1603.
- Muhammad, Sohail Saddiq , Shahid Iqbal , Muhammad Bilal Hafeez , Amir M. H. Ibrahim , Ali Raza , Esha Mehik Fatima , Heer Baloch , Jahanzaib , Pasqualina Woodrow and Loredana Filomena Ciarmiello.2021. Effect of Salinity Stress on Physiological Changes in Winter and Spring Wheat 3-22
- Munns, R, James RA, Läuchli A.2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J Experimental Botany*. 2006;57(5):1025–43.
- Munns, R., Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59, 651– 681.
- Munns, R. Termaat A. 1986 Whole-Plant Responses to Salinity. *Functional Plant Biology*, 13(1), 143-160.
- Munns, R., James, R. A., and Läuchli, A., 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.* 57, 1025–1043.
- Murillo-Amador, B., E. Troyo-Dieguez, A. Lopez-Cortes, C. Tinoco-Ojanguren, H.G. Jones and F. Ayala-Chairez, 2000. Path analysis of cowpea early seedling growth under saline conditions. *Int. J. Exp. Bot.*, 67: 85-92.
- Nishida, K., Khan, N. M., Shiozawa, S. 2009. “Effects of salt accumulation on the leaf water potential and transpiration rate of pot-grown wheat with a controlled saline groundwater table”, *Soil science and plant nutrition*, 55(3), 375-384.
- Park, S. H., Wilson, J. D., and Seabourn, B. W. (2009). Starch granule size distribution of hard red winter and hard red spring wheat: its effects on mixing and breadmaking quality. *J. Cereal Sci.* 49, 98–105.
- Rogers, M.E., Noble C.L., Halloran G.M., Nicolas M.E., 1995. The effect of NaCl on the germination and early seedling growth of white clover (*Trifolium repens* L.) populations selected for high and low salinity tolerance. *Seed Sci. Technol.*, 23: 277-287.
- Roundy, B. A., 1985. Emergence and establishment of basin wild-rye and tall wheatgrass in relation to moisture and salinity. *Journal of Range Management*, 38(2), 126-131.
- Sairam, RK, Srivastava GC. 2002. Changes in antioxidant activity in subcellular fractions of tolerant and susceptible wheatgenotypes in response to long term salt stress. *Plant Science* 162, 897–904
- Saqib, M., Akhtar J., Qureshi R.H., 2004. Pot study on wheat growth in saline and waterlogged compacted soil: II. Root growth and leaf ionic relations. *Soil Tillage Res.*, 77: 179-187.

- Shao H.B., Liang,Z.S. Shao M.A., Sun Q. 2005. Dynamic changes of antioxidative enzymes of ten wheat genotypes at soil water deficits Colloids Surf. B: Biointerf.,42:187-195
- Sharma, MP, Adholeya A., 2004. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on the post vitro growth and yield of micropropagated strawberry grown in a sandy loam soil. Can. J. Bot. 82(3): 322–328.
- Sharma, A.D., Thakur M., Rana M. , Singh K., 2004. Effect of plant growth hormones and abiotic stresses on germination, growth and phosphatase activities in *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds. Afr. J. Biotechnol., 3: 308-312.
- Siddiqui, M. H., Iqbal, M. A., Wajid, N., Imtiaz, H., and Khaliq, A. (2019). Bio-economic viability of rainfed wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under integrated fertilization regimes in Pakistan. *Custos e Agronegocio* 15, 81–96.
- Soltani, A, Galeshi S. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate sub-humid environment:experimentation and simulation. Field Crops Res. 77, 17–30.
- Soltani A, Gholipoor M, Zeinali E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany 55 195–200.
- Sorty, AM, Meena KK, Choudhary K, Bitla UM, Minhas PS, Krishnani KK. 2016. Effect of Plant Growth Promoting Bacteria Associated with Halophytic Weed (*Psoralea corylifolia* L) on Germination and Seedling Growth of Wheat Under Saline Conditions. *Appl Biochem Biotechnol.* 2016;180: 872–882.
- Sultana, N., Ikeda, T., Itoh, R. 2000. Effect of NaCl Salinity on Photosynthesis and DryMatter Accumulation in Developing Rice Grains. Environmental and Experimental Botany,42, 211-220
- Şahiner, A. Demir, İ., 2020. Kırşehir Ekolojik Koşullarında Bazı Şeker Pancarı ete vulgaris L.) Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi . Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences , 10 (2) , 71-75 .
- Şahin, S., Demir, İ. 2021. Yağ Keteninde (*Linum usitatissimum* L.) Farklı Ekim Normlarının Verim ve Kaliteye Etkisi . 21. Yüzyılda Fen ve Teknik , 8 (16) , 77-90 .
- Tanner, CB, Sinclair TR. 1983. Efficient water use in crop production: research or research. In: Taylor, H.M., Taylor, W.R.,Sinclair, T.R. (Eds.), Limitations to Efficient Water Use in Crop Production. ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI, pp. 1–27
- Welbaum, G.E, Tissaoui T., Bradford K.J. 1990. Water relations of seed development and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.) III. Sensitivity of

- germination to water potential and abscisic acid during development *Plant Physiology*, 92:1029-1037
- Yagmur, M., Kaydan D., 2008 a. Alleviation of osmotic strength of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. *Afr J Biotechnol* 7:2156–2162
- Yagmur, M., Kaydan D., Okut N., 2006. Potasyum Uygulamasinin Tuz Stresindeki arpanin fotosentetik pigment Tarim Bilimeri Dergis, 12 (2) (2006), pp. 188-194
- Yagmur, M., D. Kaydan and N. Orkut. 2007. Alleviation of salinity stress during seed germination in wheat (*Triticum aestivum*) by potassium applications. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 77(6): 379-382.
- Yagmur, M., Kaydan D..2008b. Early seedling growth and relative water content of Triticale Varieties under osmotic stress of water and NaCl. *Res. J. of Agric. Biol. Sci.*, 4(6): 767-772.
- Zapata, PJ, Serrano MI, Pretel MT, Amorós A, Botella MA., 2004. Polyamines and ethylene changes during germination of different plant species under salinity. *Plant Science* 167 781–788
- Zheng, Y., Xu, X., Li, Z., Yang, X., Zhang, C., Li, F., 2009. Differential responses of grain yield and quality to salinity between contrasting winter wheat cultivars. *Seed Sci. Biotechnol.* 3, 40–43.

BÖLÜM 3

KIRŞEHİR İLİNDE ŞEKER PANCARI ÜRETİMİ VE EKONOMİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Sultan KIYMAZ¹

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü
Kırşehir, Türkiye. sultan.kiyamaz@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-9228-7525

GİRİŞ

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) Chenopodiaceae familyasında yer alan, Orta Avrupa kökenli, iki yıllık bir endüstri bitkisidir (Eliot ve Weston, 1993; Erdinç 1993). Şeker, insan beslenmesinde kalori kaynağı ve vücudun temel işlevleri için gereken besin maddesidir. Tarımsal üretime, istihdama katkısı ve yan ürünler oluşturması nedeniyle dünyada ve Türkiye’de stratejik öneme sahip bir ürün durumundadır (Eştürk, 2018). Şeker pancarı üretimi, ülkemizde tarıma bağlı sanayi üretiminde önemli bir yer tutmaktadır. Şeker pancarı melas, alkol, maya, biyoetanol gibi birçok ürünün ham maddesidir.

Dünya şeker üretiminin tamamı şeker kamışı ile şeker pancarından elde edilmektedir. Stratejik bir ürün olan şeker, 2021/22 üretim döneminde dünyada 110 ülkede, 37,4 milyon tonu pancardan, 133,1 milyon tonu kamıştan olmak üzere toplam 170,5 milyon ton üretilmiştir. Ülkemizde ise şeker sadece şeker pancarından üretilmektedir. Türkiye, pancardan şeker üreten ülkeler arasında önemli bir yere sahip olup, yıllık 2,5 milyon ton Dünya’da ABD, Rusya, Fransa ve Almanya’nın ardından %9,1’lik pay ile beşinci, Avrupa Kıtası içerisinde Rusya, Almanya ve Fransa’nın ardından dördüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2022; Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş., 2021).

Türkiye’de şeker fabrikaları kurulması amacıyla 1840-1899 döneminde ve sonraki yıllarda bazı teşebbüslerde bulunulmuştur. Ancak, şeker fabrikası kurulması Cumhuriyet döneminde gelişme imkânı bulmuştur. Cumhuriyetin kuruluşundan bugüne kadar, ülkemizde sağlanan teşvikler ve yatırımlar sonucu, bugün tüketilen şekerin tamamına yakını yurt içinde üretilmekte olup, Türkiye’de şeker pancarı tarımı şeker sanayi ile birlikte gelişmiştir. Türkiye’nin ilk şeker fabrikası, Uşak Şeker Fabrikası olup, 19 Nisan 1923 yılında kurulmuştur. Üretime ise 17.12.1926 tarihinde başlanılmıştır (Anonim, 1976). Ülkemizde şeker sanayi, 1925 yılından beri özel mevzuat hükümlerine göre düzenlenmektedir. Türkiye’nin şeker ihtiyacı tüketimi, beyaz şeker ve glukoz ve türevi olan izoglukoz ile karşılanmaktadır. Ayrıca şeker pancarı, şeker hammaddesi ile şekerli ürünler sanayinin gelişmesine yol açmıştır (Erdinç 1993).

Türkiye’de 19.04.2001 tarihinde yürürlüğe giren 4634 sayılı Şeker Kanunu ile şeker fabrikalarının pazar paylarının kotalara bağlanması, iç piyasada sanayinin rekabete açık duruma getirilmesi, devletin etkinliğinin

sınırlandırılması ve üretimde istikrarın sağlanması amaçlanmıştır (Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş., 2021).

Türkiye’de şeker pancarı üretimi, Şeker Kurulu tarafından belirlenen şeker kotaları esas alınarak, Şirketler tarafından programa alınmaktadır. Bu durum ülke kaynaklarının verimli ve etkin kullanımını sağlamaktadır. Şeker pancarı üretimi, ilgili Kanun ve Yönetmelik hükümleri doğrultusunda; Şeker Kurulu tarafından şirketlere tahsis edilen pancar şekeri kotalarının üretim garantisi için yine kurulca belirlenen ekim alanlarından, üreticiler ve/veya temsilcileri ile şirketler veya fabrikalar arasında sözleşme düzenlenmesi suretiyle kotalı olarak yapılmaktadır (Eştürk, 2018; Erdinç, 2017).

Ülkemizde pancardan şeker üreten mevcut fabrika sayısı toplam 33 olup, bunun 15’i devlet, 12’si özel sektör, 6’sı da kooperatifler tarafından işletilmektedir. 2020 öncesi 33 olan kamu fabrikaları yerini özelleştirmelerle birlikte 33 şeker fabrikası ile 3,5 milyon ton/yıl pancar şekeri üretim kapasitesine sahiptir. Ülkemizde şeker pancarının sağladığı katma değer diğer ürünlere göre daha fazladır. Üretim kotaları itibarıyla sektörde kamunun payı %35.5, kooperatif fabrikalarının payı %36.9, özel fabrikaların payı ise %27.6’dır. Ülkemizin şeker ihtiyacının % 90’nı şeker pancarından geriye kalan % 10’u nişasta bazlı şekerlerden karşılanmaktadır (Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş., 2017).

Kırşehir ili şeker pancarının mevcut durumu ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Kırşehir ili ve çevresi için katma değeri yüksek olan tarım ürünlerinden biri olan şeker pancarı bölge için önem arz etmektedir. Kırşehir ilinde şeker pancarı üretimi ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Kırşehir ilinde yer alan şeker fabrikasının bölge ve ülke ekonomisine katkıları irdelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın Yeri ve Özellikleri

Kırşehir ili Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinin orta kesiminde yer almaktadır (Şekil 1). Kuzeydoğusunda Yozgat, güneydoğusunda Nevşehir, güneyinde Aksaray, batısında Ankara ve kuzeybatısında da Kırıkkale illeri çevrelemektedir. Ayrıca Kırşehir ili konum olarak 38° 49'

ve 39° 47' kuzey enlemleriyle, 33° 23' ve 34° 41' doğu boylamları arasında yer alır. İlin yüzölçümü 6665 km², rakımı ise 985 m'dir.

Kırşehir Şeker Fabrikası 2001 yılında işletmeye açılmıştır. 2018 yılına kadar devlet tarafından işletilmiştir. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. (Türkşeker)'in kurmuş olduğu en yeni fabrikadan biri olan Kırşehir Şeker Fabrikası, 2018 yılında özelleştirme ihalesi sonucu Tutgu Gıda A.Ş.'ye devredilmiş olup; 2018 yılından bu yana Tutgu Gıda A.Ş. Kırşehir Şeker Fabrikası olarak hizmetine devam etmektedir. Kırşehir Şeker Fabrikası kotası olan 70.000 ton pancar şekerini üretmek için 2.200 tarım işletmesinde 95.000 dekar alan ve 5 ilde 82 yerleşim biriminde 500.000 ton şeker pancarı ekimi yaptırmaktadır.



Şekil 1. Kırşehir ilinin Türkiye haritasındaki yeri ve konum

Araştırmanın Amacı ve Yöntemi

Bu çalışmada Kırşehir ilinde şeker pancarı üretimi ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Kırşehir ilindeki şeker pancarı tarımı ve şeker üretimine ait teknik bilgi ve veriler Tutgu Gıda A.Ş. Kırşehir Şeker Fabrikası'ndan temin edilmiştir. Bunun yanı sıra; 2014-2023 yılları arasındaki çiftçi sayıları ve toplam şeker pancarı ekim alanı Kırşehir ili değerleri ise Kırşehir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) üretim bilgilerinden alınmıştır. Bu çalışmada, 2019-2022 yılları arasında şeker pancarı üretimi girdi unsurları ve performansına ilişkin veriler tablo ve grafik formunda özetlenmek amacıyla tanımlayıcı istatistikler, yüzde hesaplamaları

ve yıllar içerisindeki değişimi gözlemek üzere basit indeks hesaplamaları yapılmıştır.

Şeker pancarı için toplanan veriler, üretim maliyetleri ve kârlılık göstergelerinin hesaplanmasında tek ürün bütçe analiz yönteminden faydalanılmıştır. Döner sermaye faizi T.C. Ziraat Bankası'nın uyguladığı bitkisel üretim kredi faiz oranının yarısı (%4.50) alınarak hesaplanmıştır. Genel idare giderleri ise toplam değişen masraflarının %3.00'ü alınarak hesaplanmıştır.

Şeker pancarı üretimi için gayrisafi üretim değerinin (GSÜD) ve kârlılık göstergelerinin hesaplamaları aşağıdaki eşitliklerde gösterilmiştir.

$$GSÜD = \text{Üretim Miktarı (kg)} \times \text{Satış Fiyatı (TL kg}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Brüt Kâr} = GSÜD - \text{Değişen Masraflar,}$$

$$\text{Mutlak Kâr} = GSÜD - \text{Üretim Masrafları,}$$

$$\text{Nispi Kâr} = GSÜD / \text{Üretim Masrafları,}$$

$$1 \text{ Kg Şeker Pancarının Maliyeti} = \text{Üretim Masrafları Toplamı (TL da}^{-1}\text{)} / \text{Verim (kg da}^{-1}\text{),}$$

$$\text{Kâr Marjı} = \text{Satış Fiyatı (TL kg}^{-1}\text{)} - \text{Üretim Maliyeti (TL kg}^{-1}\text{)}$$

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kırşehir İlinde Şeker Pancarının Üretimi ve Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi

Şeker pancarı üretimine ilişkin bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Ekim alanı ve üretiminde artışlar gözlenmiştir. Pancar şeker üretiminde en yüksek 92 bin ton pancar şekeri 2020 yılında elde edilmiştir. Şeker üretim hedeflerine erişilmesi için verim artışı ve iyileştirme yatırımlarına toplam 60 milyon dolar harcanıldığı belirtilmiştir. Bu durum gelecek yıllarda şeker üretim kapasitesini arttıracığı yönünde olumlu bir gelişmedir. (Tutgu Gıda A.Ş., 2023). Mevcut Kırşehir Şeker Fabrikasının kapasitesinin artırılması ile ülkemizin şeker ihtiyacı da karşılanacaktır. Şeker pancarı ekim alanları, sulanabilir alana, yetiştirilen bölgenin iklim ve toprak özelliklerine ve şeker pancarı alım fiyatlarına göre değişim göstermektedir (Kıymaz ve Ertek 2015a; 2015b). Diğer yürütülen bir çalışmada, pancar ekilecek alanların şeker üreticileri arasında homojen pancar kotası dağılımı ile şeker pancarı tarımın ekiminden fabrikaya gelinceye kadar belli kurallara göre belirlendiğini açıklanmıştır (Erdinç, 2017).

Yem açığı olan ülkemizde sektör şeker üretim prosesi sırasında ürettiği küspe ile özellikle kış aylarında kapalı alanda yapılan ve hayvan beslemesi için kaba yem ihtiyacının karşılanması nedeniyle bölgemiz tarımına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Şeker pancarının yan ürünleri olarak elde edilen melas ve yaş pancar posası hayvanların beslenmesinde hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. 2019-2022 yılları arasında değişen melas ve yaş küspe miktarları (Tablo 1) dikkate alındığında, işlenen pancar miktarındaki azalmaya bağlı olarak yaş küspe miktarı azalmıştır. Fabrika yaklaşık işlenen pancarın %22'sinden yaş küspe elde etmektedir. Ayrıca kuru küspede yapılmıştır. Yaş ve kuru küspe üretiminin yanı sıra; kuyruk ve yaprak gibi yem olarak kullanılabilen yan ürünler ile Kırşehir Şeker Fabrikasının ürettiği yem ve kaba yem materyalleri ile bölgedeki et üretimine katkısı yaklaşık 4.200 tondur (Tutgu Gıda A.Ş. Kırşehir Şeker Fabrikası, 2023). Melas, gıda sanayinde ekmek mayası üretiminde kullanıldığı gibi, başta yem, kimya ve alkol sanayi olmak üzere ilaç, parfümeri ve yapı malzemeleri gibi çeşitli kullanım alanlarına sahiptir (Anonim 1997).

Türkiye'de pancar üretimi yapılan kırsal alanlarda çiftçilerin teslim ettikleri net pancar miktarından %25'i oranında yaş küspe elde etmeleri onlara ek bir gelir imkânı da sunmaktadır. Bu açılarından değerlendirildiğinde, Kepoğlu, 2008, şeker pancarı yetiştiriciliğinin başta hayvancılık olmak üzere birçok sektörle doğrudan ilişkisi olduğunu vurgulamıştır.

Tablo 1. Şeker pancarı ekim alanı, üretimi, pancar şeker üretimi

Yıllar	Ekim alanı (da)	Bedeli ödenen (ton)	Pancar şekeri üretimi (ton)	Melas üretimi (ton)	Yaş küspe üretimi (ton)
2019	85.384	496.460	78.850	16.495	144.339
2020	94.652	610.559	92.000	21.507	155.888
2021	85.083	520.697	80.250	16.820	126.758
2022	89.251	584.132	88.400	21.075	129.852
2019-22 Değişim (%)	4,53	17,66	12,11	27,77	-10,04

Kaynak: Tutgu Gıda A.Ş. Kırşehir Şeker Fabrikası, 2023; veriler özelleştirme sonrası yılları kapsamaktadır.

Şeker fabrikalarının optimum kampanya süreleri bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Ayrıca Kostakoğlu ve ark. (2016) yürüttüğü bir çalışmada, şeker fabrikaları için kapasite kullanım oranlarının ve kampanya sürelerinin verimliliği doğrudan etkilediğini vurgulamıştır. Yapılan bu çalışma da, Kırşehir Şeker Fabrikası kampanya süreleri üretilen pancar miktarları da dikkate alınarak 95-132 gün arasında değişmektedir (Tablo 2). Fabrikanın günlük pancar işleme kapasitesi 6500 ton'dur. Fabrika kampanya süresi boyunca ortalama 10.000 ton pancar işleme kapasitesine sahiptir (Tutgu Gıda A.Ş. Kırşehir Şeker Fabrikası, 2023).

Kırşehir iklim koşullarında yürütülen bir çalışmada, şeker oranı değerlerinin %15.71-%17.31 ile %15.35-%17.35 arasında sırasıyla 2012-2013 yıllarında değiştiğini ifade etmişlerdir (Kiymaz, ve Ertek, 2015a). Bu çalışmada, Kırşehir çiftçi şartlarında ve benzer ekolojik şartlarında yetişen şeker pancarının oranı ortalama %17.35 olup, %17.07-%17.43 arasında 2019-2022 yılları arasında değişim göstermiştir (Tablo 2). Sulama miktarı, gübre miktarları, sulama yöntemleri ve kullanılan tohumların çeşidi, hastalık, zararlı ve yabancı ot mücadelesi gibi etkenler uygulamadaki farklılıkları ortaya koymaktadır.

Tablo 2. Şeker pancarı pancar şeker üretimi ve şeker varlığı

Yıllar	Kampanya süresi (gün)	İşlenen pancar (ton)	Pancar şekeri üretimi (ton)	Bedele esas şeker varlığı (%)
2019	104	496.450	78.850	17.62
2020	132	608.000	92.000	17.07
2021	95	520.500	80.250	17.29
2022	101	584.132	88.400	17.43
Ortalama	108	552.271	84.875	17.35

Kaynak: Tutgu Gıda A.Ş. Kırşehir Şeker Fabrikası, 2023; veriler özelleştirme sonrası yılları kapsamaktadır.

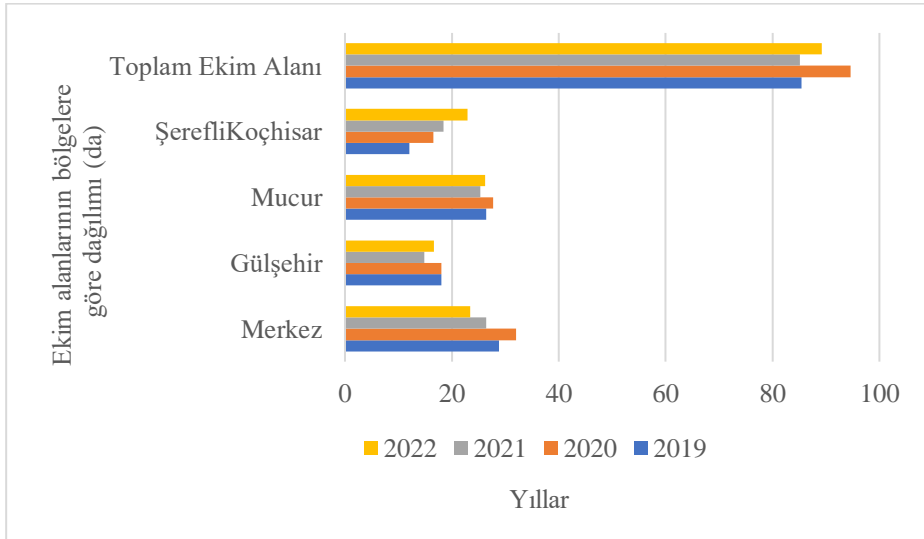
Ekim alanları büyüklüğü bakımından bölgelere göre dağılımı dikkate alındığında, %29.40 ile Mucur ön sırada yer alırken, bunu sırasıyla % 26.20 Kırşehir-Merkez ve %25.72 ile Şereflikoçhisar takip etmektedir (Tablo 3a, Şekil 1). Kırşehir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS)'den alınan çiftçi üretim bilgilerine göre; Kırşehir'de (Akpınar, Çiçekdağı, Kaman, Merkez, Mucur) toplam 60.690 da alanda şeker pancarı

ekimi yapılmaktadır (Tablo 3b). Tabloya göre, söz konusu ilçelerdeki çifti sayısı 2014 yılında 48 kişi iken, 2023 yılında 11,35 kat artarak 545 kişiye ulaşmıştır. Özellikle 2021 yılındaki artış dikkat çekicidir.

Tablo 3a. Şeker pancarı ekim alanlarının bölgelere göre dağılımı

	Ekim alanlarının bölgelere göre dağılımı (da)				
Yıllar	Merkez	Gülşehir	Mucur	Şereflikoçhisar	Toplam Ekim alanı
2019	28.844	18.067	26.433	12.040	85.384
2020	32.042	18.042	27.713	16.503	94.652
2021	26.460	14.895	25.318	18.410	85.083
2022	23.384	16.673	26.240	22.954	89.251
Payı (%)	26.20	18.68	29.40	25.72	100.00

Kaynak: Tutgu Gıda A.Ş. Kırşehir Şeker Fabrikası 2023; veriler özelleştirme sonrası yılları kapsamaktadır.



Şekil 1. Şeker pancarı ekim alanlarının bölgelere göre dağılımı

Tablo 3b. Çiftçi sayıları ve toplam şeker pancarı ekim alanı, Kırşehir*

Yıllar	Çiftçi sayıları (adet)	İndeks (2014=100)	Toplam Ekim alanı (da)	İndeks (2014=100)
2014	48	100,00	1.787	100,00
2015	20	41,67	677,31	37,90
2016	24	50,00	280,34	15,69
2017	29	60,42	517,86	28,98
2018	35	72,92	623,94	34,92
2019	13	27,08	340,14	19,03
2020	15	31,25	270,26	15,12
2021	568	1183,33	20.003	1119,36
2022	478	995,83	15.933	891,61
2023	545	1135,42	20.257	1133,58

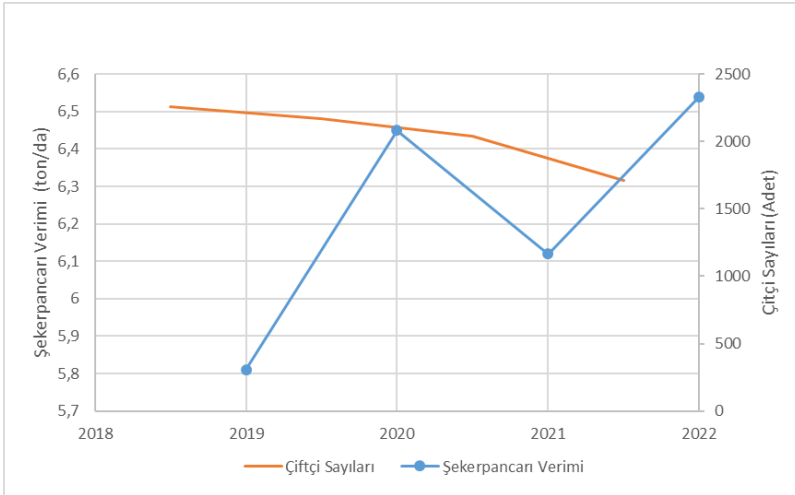
Kaynak: * Akpınar, Çiçekdağı, Kaman, Merkez, Mucur ilçeleri toplamıdır (ÇKS verileri, Kırşehir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2023)

Çiftçi sayıları ve şeker pancarı veriminin incelendiği Tablo 4 ve Şekil 2'de, çiftçi sayılarında azalma gözlenmiştir. Bunun nedenleri arasında çiftçiye ödenen pancar bedelinin yüksek olmaması sayılabilir. Pancar fiyat alımlarındaki artışlara bağlı olarak pancar ekimleri bölgede devam etmiştir. Bölgenin iklim ve toprak özelliklerine göre çiftçi şartlarında ortalama dekara 6.23 ton şeker pancarı üretilmektedir. Kırşehir iklim koşullarında yürütülen bir diğer çalışmada, şeker pancarı verim değerlerinin hektara 85.38-75.10 ton ile 66.13-47.57 ton olarak 2012-2013 yıllarında sırasıyla değiştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca; ekonomik kök pancar verim ve kalitesini sulama kısıtının en yüksek olduğu ve gübre miktarının en düşük olduğu S1N1 (Kcp1:0.5 ve N1: 30 kg ha⁻¹) konularından elde ettiklerini açıklamışlardır (Kiymaz ve Ertek, 2015a; 2015b). Aynı iklim koşullarında görülen şeker pancarı verim değerlerindeki farklılıklarının nedenleri arasında, farklı ekim zamanları, çıkış hızları, su miktarı gübre miktarı, bitki çeşidi, uygulanan sulama yöntemleri, toprak özellikleri ve kültürel bakım işleri sıralanabilir.

Tablo 4. Çiftçi sayıları-pancar verimi

Yıllar	Çiftçi sayıları (adet)	Şeker pancarı verimi (ton da ⁻¹)
2019	2261	5,81
2020	2173	6,45
2021	2042	6,12
2022	1712	6,54
Ortalama	2047	6.23

Kaynak: Tutgu Gıda A.Ş. Kırşehir Şeker Fabrikası 2023; veriler özelleştirme sonrası yılları kapsamaktadır.

**Şekil 2.** Çiftçi sayıları-şeker pancarı verimi

Şeker pancarı üretim girdileri ve üretim performans parametrelerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, bir dekar alanın maliyeti en düşük 1137 TL da⁻¹ ve en yüksek maliyeti 5625 TL da⁻¹ olup ortalama 2623.75 TL da⁻¹ olarak gerçekleşmiştir (Tablo 5). Bunun yanı sıra; üretim girdileri arasında dekara en yüksek ücretleri gübre miktarı, sulama ücreti ve tarla kirası oluşturmuştur. Diğer girdilerde bunu sırasıyla takip etmektedir (Tablo 5).

Tablo 5. Şeker pancarı üretim girdileri ve üretim performans parametrelerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

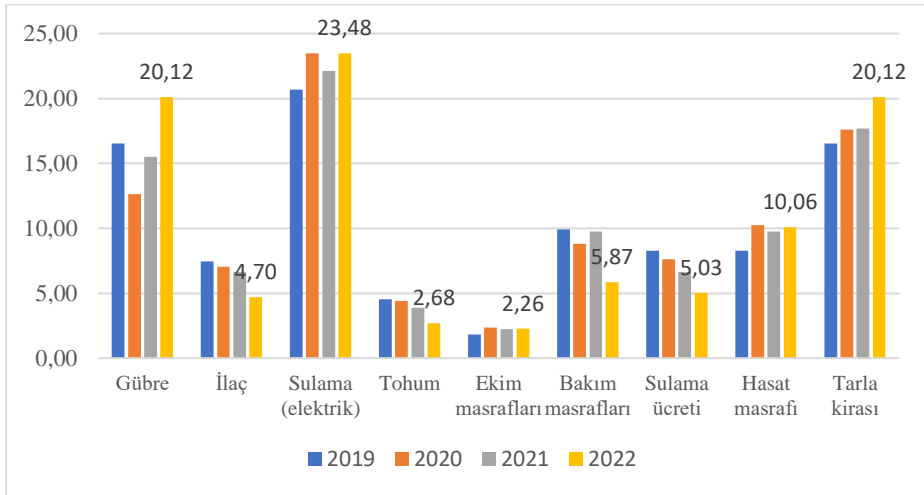
Üretim girdileri	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Gübre miktarı (TL da ⁻¹)	491.25	477.29053	200	1200
İlaç miktarı (TL da ⁻¹)	28.75	15.47848	15	50
Sulama ücreti (Elektrik) (TL/da ⁻¹)	637.5	518.61193	250	1400
Ekim masrafı (TL da ⁻¹)	61.75	50.18881	22	135
Bakım Çapa işleri (TL da ⁻¹)	210	102.30673	120	350
Sulama Ücreti (TL da ⁻¹)	170	89.06926	100	300
Ot ilacı (TL/da ⁻¹)	131.25	68.35874	75	230
Tohum miktarı (TL da ⁻¹)	94.5	45.72745	55	160
Hasat (TL da ⁻¹)	273.75	223.06109	100	600
Tarla Kirası (TL da ⁻¹)	525	457.34742	200	1200
Bir dekar maliyet (TL da ⁻¹)	2623.75	2041.36774	1137	5625
Pancar bedeli (ton)	595.25	542.41151	225	1400
Çiftçi Sayısı (adet)	2047	240.77791	1712	2261
Şeker pancarı verimi (ton da ⁻¹)	6.23	0.33317	5.81	6.54
Ekim alanı (da)	88.5925	4.46327	85.08	94.65
Bedeli ödenen pancar üretimi (ton)	552.962	53.29944	496.46	610.56
Pancar şeker üretimi (ton)	84.875	6.34777	78.85	92
Melas üretimi (ton)	18.9743	2.68424	16.5	21.51
Yaş küspe üretimi (ton)	139.2093	13.50416	126.76	155.89

Tablo 6’da Kırşehir ilinde Şeker Fabrikası’ndan elde edilen verilere dayanarak 2019 ve 2022 yılları arası şeker pancarı ortalama üretim masrafları hesaplanmıştır. Buna göre 2022 yılı için ortalama şeker pancarı üretim masrafları 5.962,85 TL da⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Değişen masraflar toplamı işletmeler ortalamasında 4.624,13 TL da⁻¹ olarak bulunmuştur. Değişen masraflar içerisinde, en önemli masraf unsurlarını sırasıyla sulama elektrik masrafı (%23,48), gübre (%20,12) ve hasat masrafı (%10,06) oluşturmaktadır (Şekil 3). Özellikle son yıllarda enerji maliyetlerindeki artış miktarları göz önüne alındığında sulamada kullanılan enerji masraflarının da artmasına neden olmuştur. Değirmencioglu ve ark. (2019), güneş enerjisi sistemleri ile çalıştırılabilir sulama sistemleri ile birim alanda maliyetler ve karbon

salınımı bakımından tasarruf edilerek sürdürülebilirliğin artırılacağını belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçlar bu fikri destekler niteliktedir.

Toplam sabit masraflar toplamı ise 1338,72 TL da⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Sabit masraflar içerisinde en önemli masraf unsuru ise arazi kirası olup, üretim masrafları toplamı içerisindeki payı %20,12 olarak hesaplanmıştır. Toplam üretim masrafları içerisinde ise 2019 yılına göre değişken masrafların payı %81,02'den %77,55'e düşmüştür. Bu dönemde üretim masrafları içerisinde arazi kirasının payı artmıştır.

Değirmencioğlu ve ark. (2019), güneş enerjisi sistemleri ile çalıştırılabilir sulama sistemleri ile birim alanda maliyetler ve karbon salınımı bakımından tasarruf edilerek sürdürülebilirliğin artırılacağını belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçlar bu fikri destekler niteliktedir.



Şekil 3. Kırşehir ilinde şeker pancarı girdi masraf paylarının yıllara göre değişimi (%)

Tablo 6. Kırşehir ili yıllara göre şeker pancarı üretim masrafları

Masraf kalemleri	2019	%	2020	%	2021	%	2022	%
Gübre	200,00	16,55	215,00	12,61	350,00	15,49	1200,00	20,12
İlaç	90,00	7,45	120,00	7,04	150,00	6,64	280,00	4,70
Sulama (elektrik)	250,00	20,69	400,00	23,47	500,00	22,12	1400,00	23,48
Tohum	55,00	4,55	75,00	4,40	88,00	3,89	160,00	2,68
Ekim masrafları	22,00	1,82	40,00	2,35	50,00	2,21	135,00	2,26
Bakım masrafları	120,00	9,93	150,00	8,80	220,00	9,73	350,00	5,87
Sulama ücreti	100,00	8,27	130,00	7,63	150,00	6,64	300,00	5,03
Hasat masrafı	100,00	8,27	175,00	10,27	220,00	9,73	600,00	10,06
Döner sermaye faizi	42,17	3,49	58,73	3,45	77,76	3,44	199,13	3,34
Toplam değişen masrafları	979,17	81,02	1363,73	80,00	1805,76	79,90	4624,13	77,55
Tarla kirası	200,00	16,55	300,00	17,60	400,00	17,70	1200,00	20,12
Genel idare masrafları	29,37	2,43	40,91	2,40	54,17	2,40	138,72	2,33
Toplam sabit masraflar	229,37	18,98	340,91	20,00	454,17	20,10	1338,72	22,45
Üretim masrafları toplamı	1208,54	100,00	1704,64	100,00	2259,93	100,00	5962,85	100,00

Kırşehir ilinde 2022 yılı için şeker pancarı üretimi için ana ürünün gayrisafı üretim değeri (GSÜD) 9156 TL da⁻¹ hesaplanmıştır. Brüt kâr değeri aynı yıl için 4531,88 TL da⁻¹ olarak bulunmuştur. Net kâr değeri şeker pancarı GSÜD'nden toplam üretim masrafların çıkartılmasıyla hesaplanmış olup, ortalama 3193,15 TL da⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Nispi kâr değeri ise şeker pancarı GSÜD'nin toplam üretim masraflarına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Bununla birlikte, her ne kadar üretim masraflarında yıllar içerisinde artışlar söz konusu olsa da, söz konusu işletmelerde ortalama nispi kar değeri incelenen yıllarda artmıştır. Buna göre 2019 yılında 1,08 TL olan nispi karı 2022 yılında 1,54 TL da⁻¹ yükselmiştir. Kısaca bu değer, şeker pancarı üretiminde işletmelerin 1 TL'lik masraf yapmalarına karşılık 1,54 TL'lik üretim değeri elde ettiklerini ve bu değerın 0.54 TL'sinin ise kâr olduğu anlamına gelmektedir.

İşletmelerde şeker pancarı dekar başına verimi 6540 kg olarak hesaplanmıştır. Şeker pancarı satış fiyatı ise GSÜD'nin üretim miktarına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Buna göre 2022 yılı ortalama satış fiyatı 1,40 TL kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Kilogram başına toplam üretim maliyeti ise, toplam şeker pancarı üretim masraflarınının toplam üretim miktarına bölünmesiyle

hesaplanmış olup ortalama 0.91 TL kg⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Son olarak ise, ortalama kâr marjı değeri, şeker pancarı için kilogram satış fiyatından kilogram maliyeti çıkarılmasıyla hesaplanmakta olup bu değer 0,49 TL kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Bu değer yıllar içerisinde artış eğilimindedir. Yani son dört yılda üretim maliyetleri artışı devam ederken, ürünün satış fiyatlarının daha hızlı arttığını söylenebilir.

Tablo 7. Kırşehir ili şeker pancarı maliyet ve karlılık analizi

Maliyetler ve karlılık göstergeleri	2019	2020	2021	2022
A. GSÜD (TL da ⁻¹)	1307,25	2167,20	2570,40	9156,00
B. Değişen masraflar (TL da ⁻¹)	979,17	1363,73	1805,76	4624,13
C. Brüt Kar (TL da ⁻¹) (A-B)	328,09	803,48	764,64	4531,88
D. Toplam masraflar (TL da ⁻¹)	1208,54	1704,64	2259,93	5962,85
E. Net Kar (TL da ⁻¹) (A-D)	98,71	462,56	310,47	3193,15
F. Nispi Kar (A/D)	1,08	1,27	1,14	1,54
G. Verim (Kg da ⁻¹)	5810,00	6450,00	6120,00	6540,00
H. Satış fiyatı (TL kg ⁻¹)	0,23	0,34	0,42	1,40
I. Üretim maliyeti (TL kg ⁻¹) (D/G)	0,21	0,26	0,37	0,91
J. Kar marjı (TL kg ⁻¹) (H-I)	0,02	0,07	0,05	0,49

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kırşehir ili şeker pancarının mevcut durumu ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi bu çalışmada amaçlanmıştır. Ülkemizde olduğu gibi Kırşehir ilimizde de şeker pancarı tarımı, istihdam, tarım ve hayvancılık sektörüne katkısı, yüksek katma değeri ve kırsal alandan kentte göçün önlenmesi bakımından elde edilen sonuçlar bölgemiz ve ülkemiz ekonomisi üzerine olumlu faydalar sağlamaktadır. Ülkemiz ekonomisinde stratejik öneme sahip olan şeker pancarının Kırşehir ilimizde'de sürdürülebilirliği için; öncelikle hedeflenen üretimin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla şeker üretim kapasitelerinin artırılması için mevcut yeni yatırımlara devam edilmesi, pancar ekim ve üretiminin mevcut alanlarda geliştirilmesi, modern tarım ve sulama tekniklerinin uygulanması, pancar tarımındaki sorunların çözümlenmesi ve ön görülen tedbirlerin zamanında alınması gerekmektedir.

Özelleştirme öncesi kamuya ait Kırşehir Şeker Fabrikasının gelişimi ile özelleştirme süreci içerisindeki yeri, önemi, gelişimi, pancar tarımında karşılaşılan sorunlar ve çözüm arayışları kapsamındaki çalışmalarında yapılarak literatüre kazandırılması önerilir. Mevcut çalışmadan elde edilen çıktıların önerilen konularda yapılacak çalışmalara yön vereceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Kırşehir ilindeki şeker pancarı tarımı ve şeker üretimine ait teknik bilgi ve veriler Tutgu Gıda A.Ş. Kırşehir Şeker Fabrikası'ndan temin edilmiştir. Tutgu Gıda A.Ş. Kırşehir Şeker Fabrikası Genel Müdürü Sayın Yavuz Erence ve çalışanlarına, Betül Gürer ve Aslı Akıllı'ya teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- Anonim. (1976). Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı Şeker ve Şekerli Mamuller Özel İhtisas Komisyonu Raporu, DPT Yayın No: 1514- ÖİK: 212. Ankara
- Anonim. (1997). Türkiye'de Şeker ve Şeker Pancarı Üretiminde Mevcut Durum, Sorunlar ve Çözüm Önerileri. İstanbul Ticaret Odası, İstanbul.
- Anonim, 2017. Türkiye Şeker Fabrikaları Anonim Şirketi Faaliyet Raporu, ErişimAdresi: turkseker.gov.tr/data/dosyalar/Faaliyet_Raporlari2019_12_07_11_12_21_409.pdf.
- Anonim, 2021. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. 2021 Yılı Sektör Raporu, Erişim Adresi: https://www.turkseker.gov.tr/data/dokumanlar/2021_Sektor_Raporu.pdf (Erişim Tarihi: 07.12.2021)
- Degirmencioglu, A., Mohtar, R. H, Daher, B. T., Ozguntay-Ertugrul, G., Ertugrul, O. (2019). Assessing the sustainability of crop production in the Gediz Basin, Turkey: a water, energy, and food nexus approach. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(4), 2511-2522.
- Elliot, M.C., Weston, G. D. (1993). Biology and physiology of sugarbeet plant. In *The sugar beet crop: science into practice*. Eds. DA Cooke and RK Scott. Chapman and Hall, London. pp 37-66.
- Erdinç, Z. (2017). Türkiye'de Şeker Sanayinin Gelişimi ve Şeker Sanayinde İzlenen Politikalar. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* (AÜSBD), 17(3): (9-26).
- Eştürk, Ö. (2018). Türkiye'de Şeker Sektörünün Önemi ve Geleceği Üzerine Bir Değerlendirme, *Anadolu İktisat ve İşletme Dergisi*, 2 (1) 2018, 67-81.
- FAO, 2022. <http://www.fao.org/faostat>. Erişim tarihi: 08.06.2022.
- Kepoğlu, A. (2008). Şeker Pancarında Kota Uygulamalarının Şeker Pancarı Üretimine Etkileri ve Üreticilerin Sosyo-Ekonomik Durumlarında Meydana Gelen Değişimler: Eskişehir İli Alpu İlçesi Araştırması (Yüksek Lisans Tezi) Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kiyamaz, S., Ertek, A. (2015). Yield and Quality of Sugar Beet (*Beta Vulgaris* L.) at Different Water and Nitrogen Levels under the Climatic

Conditions of Kırşehir-Turkey. *Agricultural Water Management*, 158: 156-165

Kiymaz, S., Ertek, A. (2015). Water Use and Yield of Sugar Beet (*Beta Vulgaris L.*) under Drip Irrigation at Different Water Regimes. *Agricultural Water Management*, 158: 225-234.

Mendeş, M. (2012). Uygulamalı Bilimler İçin İstatistik ve Araştırma Yöntemleri. Kriter Yayınevi, İstanbul.

Tutgu Gıda A.Ş. Kırşehir Şeker Fabrikası (2023). Şeker pancarı üretim faaliyetleri.Kırşehir.

BÖLÜM 4

VAN GÖLÜ HAVZASI GÖL, BARAJ VE GÖLETLERİNDE YAPILMIŞ SU KALİTESİ ÇALIŞMALARI

Doç. Dr. Ataman Altuğ ATICI¹
Dr. Öğr. Üyesi Asude ÇAVUŞ²
Prof. Dr. Fazıl ŞEN³

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Van, TÜRKİYE. ORCID ID: 0000-0001-8700-8969 - atamanaltug@yyu.edu.tr

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Van, TÜRKİYE. ORCID ID: 0000-0001-8328-4675 - a.gultekin@yyu.edu.tr

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Van, TÜRKİYE. ORCID ID: 0000-0003-4242-3813 - fazilsen@yyu.edu.tr

1. GİRİŞ

Ülkemiz üç tarafında denizlerin yer aldığı bir konumda olmakla beraber, çok sayıda içsu kaynağına da sahiptir. Kişi başına yılda yaklaşık 1519 m³'lük bir su tüketim miktarı düşmesine karşın, bu değer diğer ülkelere kıyasla oldukça düşük görülmektedir. Tabii bunun en büyük nedenleri arasında yıllık yağış miktarı karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde ortalama yağış yıllık 643 mm olup, bu değer yılda 501 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Dünya genelinde ortalama yıllık yağış miktarı ise 1000 mm'dir. Malesef sahip olduğumuz bu su miktarının yarısından fazlasını da çeşitli nedenlerle kaybetmekteyiz. Bu nedenle sahip olduğumuz su kaynaklarının doğru kullanımı artık üzerinde durulması gereken bir sorun haline gelmiştir. Bu noktada kaynakların iyi yönetilmesi, yani su miktarının fiziko-kimyasal ile biyolojik özelliklerden oluşan su kalitesi ile birlikte ele alınması etkin bir su kullanımı yöntemini ortaya çıkaracaktır (Şen, 2016).

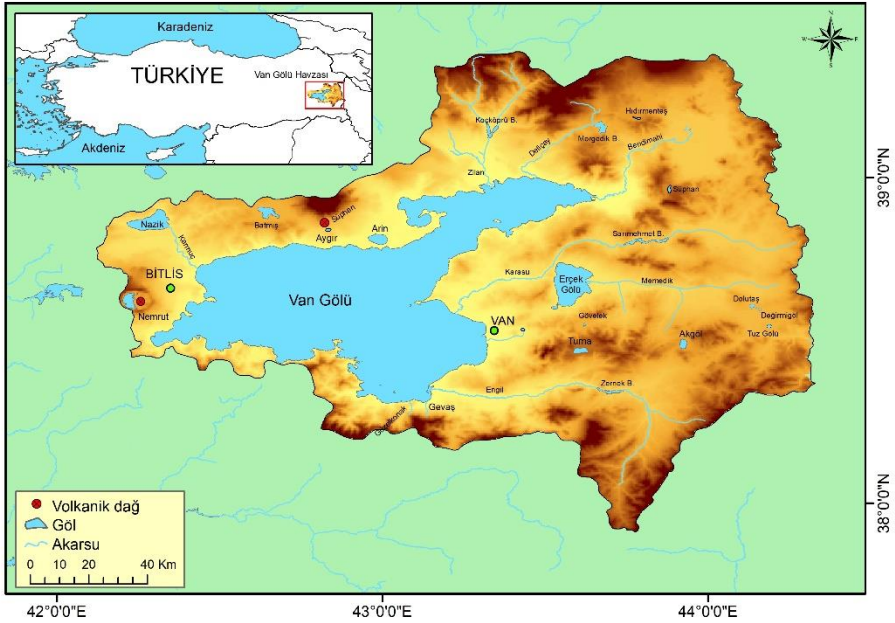
Doğu Anadolu bölgesinde yer alan Van Gölü havzası, Van ile Erçek Gölleri yağış bölgelerini kapsamakta olup, çok sayıda su kaynağına ev sahipliği yapmaktadır. Ülkemizin en büyük gölü olan Van gölü başta olmak üzere, Erçek, Nazik, Nemrut, Aygır ve Arin gölleri gibi göllerin yanı sıra tatlı ve tuzlu su özelliğinde bir çok doğal göl ile Koçköprü, Sarımeşmet, Zerne ve Morgedik Baraj Gölleri, 40'tan fazla gölet bulunmaktadır. Bu durgun su kaynakları dışında havza, akarsu sayısı bakımından da zengindir. Yine havza içerisinde ornitolojik öneme sahip olmakla beraber, balıkçılığa kaynak sağlayan sulak alanlar da bulunmaktadır. Bu su kaynaklarından içme ve kullanma suyu, sulama, enerji üretimi, taşıma, balıkçılık ve turizm faaliyetleri olmak üzere çeşitli şekilde faydalanılmaktadır (Çetinkaya, 1993).

Bu çalışmada havzada gerçekleştirilen bilimsel çalışmalar içerisinde su kalitesine yer verilmiş çalışmalar ele alınmış olup, farklı tarihlerde göl, baraj gölleri ve göletlerde elde edilen su kalitesi değerlerinin verilmesi ve bunun sonucunda havzada yer alan durgun su kaynaklarının kalitesinin genel olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma, Van Gölü başta olmak üzere doğal gölleri, baraj göllerini ve göletleri kapsamaktadır.

2. VAN GÖLÜ HAVZASI

Van Gölü havzası, 26 havza içerisinde Fırat, Aras ve Dicle havzaları ile komşu olup, İran sınırında yer almaktadır. Havzanın etrafı Tendürek, Aladağ, Süphan, Nemrut ve Güzeldere dağları ile çevrilidir. Havzanın sahip olduğu alan 18 bin km² civarında iken, bu oran Türkiye'nin % 2.3'üne karşılık gelmektedir. Havzada ortalama yıllık akış 3.54 milyar m³'tür (Çetinkaya, 2003). Havza tektonik faaliyetler sonucu Nemrut volkanının patlaması ile havzanın önünü kapatması şeklinde oluşmuştur. Van Gölü de havzanın en çukur bölgesine yer edinmiştir (İzbrak, 1987).

Göl, baraj gölleri ve göletlerde gerçekleştirilen çalışmalardan su kalitesi ile ilişkili çalışmaların yer verildiği Van Gölü Havzası, Şekil 1'de yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında havzada farklı tarihlerde göl, baraj gölleri ve göletlerde elde edilen su kalitesi değerleri sunulmuş ve bunun sonucunda havzada yer alan durgun su kaynaklarına ait su kalitesi genel olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Van Gölü Havzası.

3. HAVZADAKİ GÖL, BARAJ GÖLLERİ VE GÖLETLERDE YAPILMIŞ SU KALİTESİ ÇALIŞMALARI

Çalışmada su kaynaklarında gerçekleştirilen pH, çözünmüş oksijen (ÇO), tuzluluk, elektriksel iletkenlik (Eİ) ve TDS ölçüm sonuçları ile bu kaynaklardan alınan su örneklerinin su kalitesi değerlendirilmesine yönelik Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , Cl^- , CO_3^{-2} , HCO_3^- , F^- , azotlu ve fosforlu bileşikler, ağır metaller, radyoaktivite ölçümleri, mikroplastik ile çeşitli kirleticilere (mikrobiyal, deterjan, yağ-gres gibi) ait değerler verilmiştir.

Van Gölü havzasında bulunan doğal göllerin en büyüğü havzaya adını veren Van Gölü'dür (Çetinkaya, 1993). Van Gölü ile birlikte havzada yer alan göl, baraj gölleri ve göletlerde yapılan su kalitesi ile ilişkili çalışmalara ait araştırmacılar Tablo 1 ve Tablo 2'de yer almaktadır. Su kaynakları arasında yapılmış su kalitesi çalışmalarına bakıldığında havza içerisinde en fazla çalışılan su kaynağı Van Gölü ve daha sonra Erçek Gölü gelmektedir.

Tablo 1. Havzadaki göllerde yapılmış su kalitesi çalışmaları

Su kaynağı	Özelliği	Kaynakça
<i>Göller</i>		
Van Gölü	Tuzlu-sodali su, Max derinlik; 451 m., ort derinlik 171 m, 1646 m, 3.713 km ²	Tulus (1944); Gessner (1957); Fauth (1973); Irion (1973); Schweizer (1975); Kempe (1977); Degens ve Kutman (1978); Degens ve ark. (1978); Wong ve Degens (1978); Degens ve ark. (1984); Tuğrul ve ark. (1984); Kempe ve ark. (1991); Danulat ve Kempe (1992); Danulat ve Selçuk (1992); Reimer ve ark. (1992); Savran ve Ceylan (1992); Çetinkaya (1993); Bilgili ve ark (1995); Öğün ve ark. (2005); Öğün ve ark. (2008); Türkoğlu (2008); Akyıl ve ark. (2009); Reimer ve ark. (2009); Kaden ve ark. (2010); Selçuk Zorer ve Şahan (2011); Akdemir (2014); Aydın ve ark. (2017); Tomonaga ve ark. (2017); Yiğit ve ark. (2017); Kurttaş ve Tezcan (2018); Saygın (2019); Atıcı ve ark. (2020); Aydın ve ark. (2021); Akman ve Atıcı (2022); Atıcı ve ark. (2022); Omeroglu ve

		ark. (2022); Selçuk Zorer ve ark. (2023); Turan ve Aldemir (2023)
Erçek Gölü	Tuzlu-sodali su, 9450 ha/1890 m	MTA (1961); Yıldız (1997); İpek ve Sarı (1998); Akkuş (2011); Atıcı ve ark. (2021); Aydın ve ark. (2021); Meydan ve Akkol (2020)
Nazik Gölü	Tatlısu, 1820 1816 m, 158.3 km ² 149 km ²	MTA (1961); Şen (2001); Güneş (2016); Sönmez ve ark. (2017); Kurttaş ve Tezcan (2018)
Nemrut Krater Gölü	Tatlısu	MTA (1961); Kurttaş ve Tezcan (2018); Sepil (2020)
Arin Gölü	Tuzlu-sodali su, 1658 m, 57.5 km ²	MTA (1961); Atıcı ve ark. (2021)
Aygır Gölü	Tatlısu	Çavuş (2018); Çavuş ve Şen (2020); Çavuş ve Şen (2022); Çavuş ve Şen (2023)
Gövelek (Ermanis) Gölü	Tatlısu	MTA (1961); Demir ve Şen (2021)
Turna (Keşiş) Gölü	Tatlısu	
Hıdırmenteş Gölü	Tatlısu	Demir ve Şen (2021)
Süphan Gölü	Tatlısu	
Akgöl (Şor Gölü)	Tuzlu su	MTA (1961)
Heybeli Gölü	Tuzlu su	Atıcı ve ark. (2021)

Tablo 2. Havzadaki baraj gölleri ve göletlerde yapılmış su kalitesi çalışmaları

Su kaynağı	Özelliği	Kaynakça
<i>Baraj Gölleri</i>		
Koçköprü Baraj Gölü	Tatlısu	Elp (2002)
Zernek Baraj Gölü	Tatlısu	Anonim (2006); Şen ve ark. (2006); Yıldız (2012)
<i>Göletler</i>		
Sihke Göleti	Tatlısu	Yıldız (2004); Yıldız ve Şenler (2018); Demir ve Şen (2021); Habeşoğlu (2021); Habesoglu ve Atıcı (2022)
Dönerdere Göleti	Tatlısu	Atıcı (2020); Demir ve Şen (2021)
Yumruklu Göleti	Tatlısu	
Değirmigöl Göleti	Tatlısu	
Dolutaş Göleti	Tatlısu	
Emek Göleti	Tatlısu	Demir ve Şen (2021)
Hazine Göleti	Tatlısu	
Elaçmaz Göleti	Tatlısu	
Altınboğa Göleti	Tatlısu	

Sırmalı Göleti	Tatlısu	
Aşağı Tulgalı Göleti	Tatlısu	
Oymaklı Göleti	Tatlısu	
Beyarslan (Çeçan) Göleti	Tatlısu	
Çubuklu Göleti	Tatlısu	
Sağmal Göleti	Tatlısu	

3.1. Van Gölü

Van Gölü'nde yapılmış su kalitesi çalışmaları Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da yer almaktadır.

Öğün ve ark. (2008) tarafından Van Gölü suyunun çeşitli bakteri grupları üzerindeki antimikrobiyal aktivitesi incelenmiştir. Çalışma sadece gölde doğal olarak yaşayan Bacillus grubu canlıların en iyi üredikleri belirlenmiştir. Göl suyu için fekal streptokokların daha iyi bir belirteç canlı oldukları ortaya çıkmıştır. Göl suyunun alkali özelliği zararlı canlıların üremesini ve hastalıkların yayılması önlediği belirlenmiştir.

Akyıl ve ark. (2009) tarafından 228 göl suyu örneği Van Gölü'nden alınmış ve alınan su örneklerinin 0.74 Bq/L toplam α (alfa) aktivitesine, 0.02 Bq/L toplam (β) beta aktivitesine ve 0.06 Bq/L toplam radyum izotopları aktivitesine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3. Van Gölü'nde yerinde yapılmış ölçümler

Araştırmacılar	Parametreler				
	pH	Eİ (mS/cm)	Tuzluluk (%)	ÇO (mg/L)	TDS (g/L)
Tulus (1944)*	-	-	-	-	21.4
Gessner (1957)*	9.3-9.6	22.9	-	-	22.9
Fauth (1973)*	9.7	26.0	-	-	21.9
Irion (1973)*	9.9	-	-	-	23.5
Schweizer (1975)*	9.6	23.0	-	-	21.6
Tuğrul ve ark. (1984)*	9.7-9.9	26.7	-	-	22.6
Kempe (1977)	9.55	-	21.1	-	-
Kempe ve ark. (1991)	9.78	-	22.7	7-9	-
Danulat ve Kempe (1992)	9.81	-	-	-	-
Savran ve Ceylan (1992)	9.61	25.3	% 2.2	-	-
Bilgili ve ark (1995)	9.54	-	-	-	-
Öğün ve ark. (2005)	9.6	-	-	4.4	-
Reimer ve ark. (2009)	9.7-9.9	26.0-26.7	22	-	-

Aydın ve ark. (2017)	9.10-9.14-8.99	29.33- 20.87-19.57	-	-	19.59-19.64-13.11
Tomonaga ve ark. (2017)	9.1	-	-	-	-
Yiğit ve ark. (2017)	9.52	-	-	-	-
Kurttaş ve Tezcan (2018)	10.03	25.9	-	7.4	-
Saygın (2019)	10.0-10.4	29.33-19.57	17.5-20.0	7.70-9.30	18.48-19.04
Akman ve Atıcı (2022)	9.54	19.4	14.6	8.86	-
Omeroğlu ve ark. (2022)	9.52-9.86	-	-	6.39-11.31	-
Selçuk Zorer ve ark. (2023)	7.9-9.9	17.0-31.5	13.6-19.0	4.16-9.68	11.6-20.0
Turan ve Aldemir (2023)	9.72	28-28.7	17.2-17.8	11.1-25.5	19.91

*: Reimer ve ark. (2009)'dan alınmıştır.

Selçuk Zorer ve Şahan (2011) tarafından Van Gölü'nün yüzey sularında konsantrasyonlar gross α aktivitesi için 0.001-0.021 Bq/L ve gross β aktivitesi için 0.111-2.794 Bq/L arasında bulunmuştur. Tüm numuneler için gross- β faaliyetleri gross- α faaliyetlerinden daha yüksek olmuştur. Gross- α radyoaktif kontaminasyonunun içme suyu yönetmeliğine göre su numunelerinde önerilen değerlerden daha düşük çıkmıştır. ^{238}U konsantrasyonları ise, yüzey sularında 74.49 ile 113.2 $\mu\text{g/L}$ arasında değişirken, elde edilen sonuçlar, ^{238}U konsantrasyonlarının uranyum için kılavuz değerlerden daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Tablo 4. Van Gölü'nde yapılmış su kalitesi çalışmaları (mg/L)

Araştırmacılar	Parametreler						
	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}	Na^{+}	Cl^{-}	CO_3^{-2}	HCO_3^{-}
Tulus (1944) ¹	0.898	6.79	11.1	335	163	-	-
Gessner (1957) ¹	0.220	4.40	10.2	352	166	-	-
Fauth (1973) ¹	0.037	4.94	10.5	351	161	-	-
Irion (1973) ¹	0.100	4.44	14.4	338	159	-	-
Schweizer (1975) ¹	0.095	3.58	11.0	324	157	-	-
Tuğrul ve ark. (1984) ¹	0.100	4.28	12.0	330	163	-	-
Kempe (1977)	5-10	94.8	508	7747	5450	3331	2191
Kempe ve ark. (1991) ²	0.23	-	-	-	-	-	-
Reimer ve ark. (1992)	3.8	110	430	7912	5812	1717	3149
Savran ve Ceylan (1992)	-	-	519	7747.8	5299.8	3539	2120.6
Bilgili ve ark (1995)	6.74	97.66	524.6	7673.1	5320.1	3412.4	2110.6
Reimer ve ark. (2009) ³	0.105-0.087	4.40-453	10.8-11.1	338-347	160-166	-	-

Kaden ve ark. (2010)	<10	112-119	425-485	7452-8177	6104-6322	1439-1680	2310-2691
Tomonaga ve ark. (2017)	-	-	-	-	7.6-10.2	-	-
Yiğit ve ark. (2017)	355.3	117.1	473.6	8612.6	10.5	-	-
Kurttaş ve Tezcan (2018) ⁴	0.27	5.02	10.10	332.90	190.13	106.14	28.95
Omeroglu ve ark. (2022)	3.95-34.1	98.1-167.2	409.2-737.4	6616.0-8471.0	-	-	-
Selçuk Zorer ve ark. (2023)	-	-	-	-	-	3690-3798	1756-1769
Turan ve Aldemir (2023)	108.4	212.4	457.91	8380.4	-	-	-

¹: Reimer ve ark. (2009)'dan alınmıştır, değerleri mmol/L olarak vermiştir. ²: Değerleri meq/L olarak vermiştir. ³: Değerleri mmol/L olarak vermiştir. ⁴: Değerleri meq/L olarak vermiştir.

Akdemir (2014) tarafından Van Gölü'nün farklı derinliklerinden alınan dip çamuru ve su numunelerinde Al, B, Cr, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Pb ve Zn elementlerini belirlemiş olup, tüm su örneklerinde bor yüksek seviyelerde bulunmuştur.

Atıcı ve ark. (2020), Van Gölü'ne kıyısı olan Zeve Yerleşkesi doğu sahilinde temiz sahil indeksini (CCI) kullanarak 1782 adet plastik parça (20.5 kg) toplarken, metre karedeki plastik yoğunluğunu 3.56 adet (41.01 g/m²) olarak bulmuşlardır. CCI değeri ise 71.28 olarak hesaplanmış ve bu sonuca göre Zeve Yerleşkesi doğu sahilinin plastik parçalar açısından aşırı kirli sınıfta (20<) yer aldığı belirlenmiştir.

Tablo 5. Van Gölü'nde yapılmış diğer su kalitesi çalışmaları (mg/L)

Araştırmacılar	Parametreler							
	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻³	SO ₄ ⁻²	Si/SiO ₂	F ⁻	Br ⁻
Tulus (1944) ¹	-	-	-	-	24.7*	1.165	-	-
Gessner (1957) ¹	<4.5	-	2.8	20	25.5*	13-42	-	-
Fauth (1973) ¹	<16	-	-	-	24.5*	-	-	-
Irion (1973) ¹	-	-	-	-	28.9*	33.3	-	-
Schweizer (1975) ¹	-	-	-	-	17.6*	-	-	-
Tuğrul ve ark. (1984) ¹	0.3-10	0.2-2	-	2-5	25.7	-	-	-
Kempe (1977)	-	-	-	0.52	2344	-	-	-

Kempe ve ark. (1991)	-	-	-	0.362	48.6 meq/L	1.05	-	-
Reimer ve ark. (1992)	-	-	-	-	2408	-	-	-
Savran ve Ceylan (1992)	-	-	-	-	-	2486.3	-	-
Bilgili ve ark (1995)	-	-	-	-	-	2466.39	-	-
Reimer ve ark. (2009) ²	<0.5	<0.01	<0.1	3.47-5.65	24.5-25.4*	18.5-120.5	-	-
Kaden ve ark. (2010)	-	-	-	-	2526-2763	-	-	-
Yiğit ve ark. (2017)	3.7	-	-	13.6	2900.4	-	4.8	20.5
Kurttaş ve Tezcan (2018)	-	-	-	-	47.05	-	-	-
Saygın (2019)	75.52	-	-	-	-	-	-	-
Turan ve Aldemir (2023)	32.03	7.95	1.05	8.5	2467.9	-	7.3	-

¹: Reimer ve ark. (2009)'dan alınmıştır, değerleri $\mu\text{mol/L}$ (* mmol/L) olarak vermiştir.

²: Değerleri $\mu\text{mol/L}$ (* mmol/L) olarak vermiştir.

Aydın ve ark. (2021) tarafından Van Gölü sahili boyunca yapılan çalışmada fekal koliform sonuçları dikkate alındığında Muradiye ilçesi sahilinde 1 ve İpekyolu ilçesi sahilinde 3; toplam koliform bakteriler açısından ise İpekyolu ilçesi sahilinde 4 ve Edremit ilçesi sahilinde ise 2 adet örnek suyu yüzmeye uygun olmayan kalitede belirlenmiştir.

Akman ve Atıcı (2022), en yüksek KOİ değerlerini göl sularında ve sintinelerde sırasıyla 240 ve 5890 mg/L, en yüksek yağ-gres değerlerini ise göl sularında ve sintinelerde sırasıyla 146.5 ve 10000.0 mg/L olarak bulmuştur. Göl sularında ortalama yağ-gres ve KOİ değerleri IV. sınıfta yer alırken, yağ-gres değerleri tüm tekneler için MARPOL 73/78'teki 15 mg/L'lik limit değeri aşmıştır. Özellikle barınakların sintine sularından ciddi seviyede etkilendiğine dikkat çekilmiştir.

Tablo 6. Van Gölü'nde yapılmış ağır metal içerikli su kalitesi çalışmaları ($\mu\text{g/L}$)

	Fauth (1973) ¹	Kempe 1977)	Savran ve Ceylan 1992)	Reimer ve ark. (2009) ²	Türkoğlu (2008)	Yiğit ve ark. (2017)	Omeroglu ve ark. (2022)
As	-	-	-	-	-	-	140-263
Al	-	-	-	-	-	-	5-4000
Sr	-	700	-	-	-	-	-
Li	-	1500	-	-	-	300	-
Pb	-	15	14	-	8.2-10.9	-	3-45
Cu	-	45108	45108	-	28-40	-	185
Cr	-	-	-	-	-	-	10-83
Mn	<1.8	0.94	1.0	0.02-0.18	-	-	24-57
Ni	-	0.88	20	-	-	-	11-36
Cd	-	0.45	-	-	2.5-4.4	-	-
Co	-	0.06	45047	-	-	-	-
Fe	<3.5	-	0.500	0.60-1.93	-	-	80-3060
Zn	-	-	0.02	-	17-42	-	222-714
Se	-	-	-	-	-	-	39-150
Mo	-	-	-	-	-	-	7-27
Ag	-	-	-	-	-	-	8
Sn	-	-	-	-	-	-	70-120
Hg	-	-	-	-	-	-	130
Ba	-	-	-	-	-	-	3-43

¹: Reimer ve ark. (2009)'dan alınmıştır, değerleri $\mu\text{mol/L}$ olarak vermiştir.

²: Değerleri $\mu\text{mol/L}$ olarak vermiştir.

Atıcı ve ark. (2022) tarafından Van Körfezinde mikroplastik (MP) kirliliğine yönelik yapılan çalışma sonucunda, MP parçacıklarının yüzey sularında km^2 başına 641424 ile 1426638 arasında (su kolonunda 2.35 ile 5.09 MPs/m^3 arasında) değiştiği belirlenmiştir.

Selçuk Zorer ve ark. (2023), Van Gölü suları yüzey, orta ve dip sularında ortalama gross- α aktiviteleri sırasıyla 0.04, 0.03 ve 0.03 Bq/L , yüzey, orta ve dip sularında ortalama gross- β aktiviteleri sırasıyla 0.30, 0.23 ve 0.33 Bq/L olarak bulmuştur. Su örneklerinde tespit edilen gross radyoaktivite değerleri cilt ve göl suları için tavsiye edilen 50 mSv/y limitinden daha düşük bulunmuş olup, halk sağlığı için risk oluşturmadığı belirtilmiştir.

3.2. Erçek Gölü

MTA (1961) tarafından yapılan çalışmada Erçek Gölü'nde pH ortalama 9.8, Eİ 26 mS/cm, HCO_3^- 10 mval/L, CO_3^{2-} 90 mval/L, Cl^- 90-127 mval/L, SO_4^{2-} 9-30 mval/L ve Na^+ 190-247 mval/L olarak belirlenmiştir (Kempe, 1977).

Yıldız (1997) tarafından yapılan çalışmada Erçek Gölü su sıcaklığı 1-23°C arasında, ÇO 2.9-6.7 mg/L arasında, Eİ 23000 ile 27000 mhos/cm arasında, tuzluluk ‰ 22-25 arasında ölçülmüştür. SO_4^{2-} 1500-3200 mg/L arasında, Ca^{+2} 2-3 mg/L arasında, Mg^{+2} 127-147 mg/L arasında, HCO_3^- 1250-2880 mg/L arasında ve CO_3^{2-} 2250-2800 mg/L arasında değişmiştir. En yüksek ışık geçirgenliği seviyesi 800 cm olarak ölçülmüş olup, yüzey alanı 9893 ha ve maksimum derinlik 38 m olarak bildirilmiştir. Göl, sıcaklık ve oksijen tabakalaşması göstermektedir.

İpek ve Sarı (1998), Erçek Gölü'nde yaptıkları çalışmada gölün maksimum derinliğini 40 m, ortalama derinliğini ise 18.45 m olarak belirlemişlerdir. Su sıcaklığı 3-23 °C arasında değişirken, epilimnionda 23 °C, metalimnionda 17 °C ve hipolimnionda 4.9 °C olarak ölçülmüştür. pH değeri 9.40-10.75, ÇO ise 2.9-6.7 mg/L arasında değişmiştir. Işık geçirgenliği 250-800 cm arasında olmuştur.

Akkuş (2011), Erçek Gölü'nde ortalama klorofil-a miktarını 2.853 (1.268-6.970) mg/m³ belirlerken, gölün taşıma kapasitesi klorofil-a kullanılarak 21331.47 ton/yıl, Morfo Edafik İndeks yöntemi kullanılarak 5534.7 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

Atıcı ve ark. (2021), Erçek Gölü yüzey sularında ortalama değerleri su sıcaklığı için 23.6 °C, ÇO için 8.32 mg/L, pH için 9.60, tuzluluk için ‰ 12.16, Eİ için 19.7 mS/cm ve bulanıklık için 29.1 NTU olarak belirlemişlerdir. NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^- , Mg^{+2} , Ca^{+2} , Cl^- , F^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , toplam sertlik ve toplam alkalinite ortalama değerleri ise sırasıyla 24.2, 0.66, 81, 259.4, 162.7, 1153.8, 1.15, 0, 1530, 1473.3 ve 5100 mg/L olarak bulunmuştur. Ağır metallere ise Al (99.4 µg/L), Mn (1550 µg/L), As (87.6 µg/L) Fe (35 µg/L) ve Zn (35 µg/L) yüksek değerlerde çıkmıştır.

Aydın ve ark. (2021) tarafından Erçek Gölü sahilinde yapılan çalışmada enterokok miktarı 0-7500 kob/100 ml arasında, fekal koliform miktarı 0-200 kob/100 ml arasında ve toplam koliform miktarı 0-2000 kob/100 ml arasında değiştiği belirlenmiştir.

Meydan ve Akkol (2020), yaptıkları çalışmada Erçek Gölü'nde Mayıs ve Kasım ayları arasında termal tabakalaşmanın oluştuğu ve karışımın kış mevsiminde meydana geldiği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Erçek Gölü holomiktik göl sınıfında yer almıştır.

3.3. Nazik Gölü

MTA (1961) tarafından yapılan çalışmada Nazik Gölü'nde pH 8.7, Eİ 300 $\mu\text{S/cm}$, HCO_3^- 1.65 mval/L, CO_3^{2-} 0.66 mval/L, Cl^- 0.60 mval/L, SO_4^{2-} 0.09 mval/L ve Na^+ 1.30 mval/L olarak belirlenmiştir (Kempe, 1977).

Şen (2001) tarafından Nazik Gölü'nde su sıcaklığı 2-24.5 °C, ÇO 1.0-13.2 mg/L, pH 8.06-8.87, Eİ 254.4-340.6 $\mu\text{mhos/cm}$, Seki Disk derinliği 125-284 cm arasında ölçülürken, öfotik zon derinliği 480.4 cm, TOS 190.39-225.98 mg/L, Morfo Edafik İndeks 15.4-18.3 mg/L/m olmuştur.

Güneş (2016), Nazik Gölü'nün 44.5 km^2 yüzölçümüne ve 30 km^2 yüzey alanına sahip olduğunu, deniz seviyesinden yüksekliğinin 1816 m ve ortalama derinliğin de 40-50 m arasında değiştiğini bildirmiştir. Gölde ortalama su sıcaklığı 16.8 °C, ÇO 9.31 mg/L, pH 9.3 ve Eİ 254.3 $\mu\text{S/cm}$ olurken, Cl^- 9.92 mg/L, Ca^{+2} 29.7 mg/L, Mg^{+2} 13.1 mg/L, Na^+ 20.8 mg/L, K^+ 8.6 mg/L, toplam sertlik ortalama 134.3 mg/L, F^- 0.405 mg/L, PO_4^{3-} 0.168 mg/L, SO_4^{2-} 10.2 mg/L, NO_2^- -N 0.012 mg/L ve klorofil-a 1.98 $\mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir. Nazik Gölü pH, NO_2^- -N ve PO_4^{3-} bakımından sırasıyla IV. sınıf, II. sınıf ve III. sınıfta yer alırken, diğer sonuçlar I. sınıf su kalitesi içerisinde olmuştur.

Sönmez ve ark. (2017) Nazik Gölü'nde su sıcaklığını 17.2 °C, ÇO 9.30 mg/L, pH 9.4 ve Eİ 250 $\mu\text{S/cm}$ ölçerken, toplam sertlik 141 mg/L, Cl^- 10.72 mg/L, SO_4^{2-} 10.09 mg/L, NO_3^- 1.42 mg/L, toplam fosfor (TP) 0.295 mg/L ve klorofil-a 2.02 $\mu\text{g/L}$ olarak tespit edilmiştir.

Kurttaş ve Tezcan (2018) tarafından Nazik Gölü'nde ortalama değerler için su sıcaklığı 23 °C, ÇO 12.0 mg/L, pH 8.86 ve Eİ 265 $\mu\text{S/cm}$ bulunurken, Cl^- 0.32 mg/L, CO_3^{2-} 0.61 mg/L, HCO_3^- 2.11 mg/L, SO_4^{2-} 0.18 mg/L, Ca^{+2} 1.0 mg/L, Mg^{+2} 0.74 mg/L, Na^+ 1.48 mg/L ve K^+ 0.28 mg/L olarak belirlenmiştir.

3.4. Nemrut Krater Gölü

MTA (1961) tarafından yapılan çalışmada Nemrut Krater Gölü'nde pH 7.2-7.4, HCO_3^- 5.5-10.6 mval/L, CO_3^{2-} 2.8 mval/L, Cl^- 0.7-1.0 mval/L, SO_4^{2-} 0.05-0.52 mval/L ve Na^+ 3.92-12.6 mval/L olarak bildirilmiştir (Kempe, 1977).

Kurttaş ve Tezcan (2018) Nemrut Krater Gölü'nde su sıcaklığını 19.5-20 °C, ÇO 6.4-6.6 mg/L, pH 8.40-8.43 ve Eİ 436-447 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında ölçerken, Cl^- 0.51-0.52 mg/L, CO_3^{2-} 1.23-1.75 mg/L, HCO_3^- 2.81-3.29 mg/L, SO_4^{2-} 0.22-0.23 mg/L, Ca^{+2} 1.05-1.07 mg/L, Mg^{+2} 0.49-0.53 mg/L, Na^+ 3.72-3.77 mg/L ve K^+ 0.18-0.19 mg/L olarak bulunmuştur.

Sepil (2020), Nemrut Krater Gölü (Bitlis)'nde su sıcaklığını ortalama 18.1 °C, ÇO 9.72 mg/L, tuzluluğu ‰ 0.23, Eİ 434.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH'yı 8.70 ve bulanıklığı 3.03 NTU belirlerken, Cl^- ortalama 24.85 mg/L, Ca^{+2} 62.99 mg/L, Mg^{+2} 81.66 mg/L, CO_3^{2-} 0 mg/L, HCO_3^- 283.0 mg/L, toplam sertlik 437.6 mg/L ve toplam alkalinite 232.0 mg/L olarak hesaplamıştır.

3.5. Arin Gölü

MTA (1961) tarafından yapılan çalışmada Arin Gölü'nde pH 9.4, Eİ 10.5 mS/cm, HCO_3^- 20 mval/L, CO_3^{2-} 40 mval/L, Cl^- 30 mval/L, SO_4^{2-} 8 mval/L ve Na^+ 100 mval/L olarak belirlenmiştir (Kempe, 1977).

Atıcı ve ark. (2021), Nazik Gölü yüzey suyunda ortalama değerleri su sıcaklığı için 27.4 °C, ÇO için 14.50 mg/L, pH için 9.44, tuzluluk için ‰ 2.49, Eİ için 4880 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve bulanıklık için 17.9 NTU olarak belirlemişlerdir. NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Mg^{+2} , Ca^{+2} , Cl^- , F^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , toplam sertlik ve toplam alkalinite ortalama değerleri ise sırasıyla 8.6, 0.16, 1.0, 61.6, 322.7, 384.6, 0.43, 0.0, 894.7, 1060 ve 1466.7 mg/L olarak belirlenmiştir. Ağır metallere ise en fazla Mn (750 $\mu\text{g}/\text{L}$), Co (106.5 $\mu\text{g}/\text{L}$) ve Zn (80 $\mu\text{g}/\text{L}$) yüksek değerlerde çıkmıştır.

3.6. Aygır Gölü

Aygır Gölü'nde yapılan çalışmada ortalama değerler su sıcaklığı 9.9 °C, ÇO 8.15 mg/L, pH 8.14, Eİ 353.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, TDS 288.1 mg/L, bulanıklık 0.6 NTU ve Seki Diski derinliği 5.82 m, CO_3^{2-} , HCO_3^- ve toplam alkalinite sırasıyla 9.8 mg/L, 256.9 mg/L 235.1 mg/L, NH_4^+ , NH_3^- , ve $\text{NH}_3\text{-N}$ sırasıyla 0.06, 0.52 ve 0.44 mg/L, Cu, Mo ve Br sırasıyla 3.72, 1.69 ve 97.2 $\mu\text{g}/\text{L}$ olarak belirlenmiştir. Aygır Gölü'nün kirli olmadığı, içme, kullanma, balıkçılık ve sulama için uygun

olduğu bildirilmiştir (Çavuş, 2018; Çavuş ve Şen, 2020; Çavuş ve Şen, 2022; Çavuş ve Şen, 2023).

3.7. Gövelek (Ermanis), Hıdırmenteş, Süphan ve Turna (Keşiş) Gölleri

MTA (1961) tarafından yapılan çalışmada Gövelek Gölü'nde HCO_3^- 4 mval/L, CO_3^{2-} 0 mval/L, Cl^- 0.06 mval/L, SO_4^{2-} 0.41 mval/L, Na^+ 0.82 mval/L ve K^+ 0.05 mval/L, Turna Gölü'nde ise HCO_3^- 2 mval/L, CO_3^{2-} 0 mval/L, Cl^- 0.08 mval/L, SO_4^{2-} 0.42 mval/L, Na^+ 0.44 mval/L ve K^+ 0.05 mval/L olarak belirlenmiştir (Kempe, 1977).

Demir ve Şen (2021), tarafından Gövelek (Ermanis) ve Hıdırmenteş Gölleri için, yağış ve kaynak suları ile beslendiği, sulama amaçlı kullanıldığı, kuş göç alanları olduğu ve sazan balığının aşılacağı göller olduğu bildirilmiştir. Bu göllerin 2021 yılındaki az olan yağışlara ve aşırı sulamaya bağlı yüzey alanları Gövelek (Ermanis) Gölü için 43 ha, Hıdırmenteş Gölü için 75 ha düştüğü belirlenmiştir.

Havzadaki doğal göllerden olan, yağış ve kaynak suları ile beslenen Süphan Gölü'nün yüzey alanı da sulama ve kuraklığa bağlı 170 ha civarına gerilemiştir. Turna kuşlarının ziyaret ettiği ve üreme alanı olarak kullandığı Turna (Keşiş) Gölü 615 ha bir alandan sulama ve 2021 yılı kuraklığı nedeniyle 480 ha düşmüştür (Demir ve Şen, 2021).

3.8. Akgöl

MTA (1961) tarafından yapılan çalışmada Akgöl'de HCO_3^- 40 mval/L, CO_3^{2-} 106 mval/L, Cl^- 1000 mval/L, SO_4^{2-} 67.1 mval/L, Na^+ 1193 mval/L ve K^+ 11.2 mval/L olarak belirlenmiştir (Kempe, 1977).

3.9. Heybeli Gölü

Atıcı ve ark. (2021), Heybeli Gölü yüzey suyunda ortalama değerleri su sıcaklığı için 25.7 °C, ÇO için 17.7 mg/L, pH için 9.07, tuzluluk için ‰ 4.18, Eİ için 7730 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve bulanıklık için 14.4 NTU olarak belirlemişlerdir. NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Mg^{+2} , Ca^{+2} , Cl^- , F^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , toplam sertlik ve toplam alkalinite ortalama değerleri ise sırasıyla 6.6, 0.14, 1.0, 316.2, 640, 526.6, 0.64, 0.0, 793, 2900 ve 1300 mg/L olarak bulunmuştur. Ağır metallere ise en fazla As (52.7

$\mu\text{g/L}$), Mn (500 $\mu\text{g/L}$) Mo (500 $\mu\text{g/L}$) ve Zn (55 $\mu\text{g/L}$) yüksek değerde çıkmıştır.

3.10. Sıhke (Bostaniçi) Göleti

Sıhke Göleti gölet yüzey sularında sıcaklık 13.4 0.5-28 °C arasında, ÇO 2.40-20.10 mg/L arasında, pH 7.29-8.40 arasında, Eİ 250-470 $\mu\text{S/cm}$ arasında ve AKM 85-310 mg/L arasında ölçülmüştür. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ortalama 0.06 mg/L, NO_3^- 2.34 mg/L, SO_4^- 23.93 mg/L, SiO_2 10.69 mg/L, PO_4^{-3} 0.18 mg/L ve toplam sertlik 85.21 mg/L olarak bulunmuştur (Yıldız, 2004; Yıldız ve Şenler, 2018).

İçme ve sulama amacıyla kurulan ve geçmişi Urartu dönemine dayanan Sıhke Göleti, günümüzde sadece sulama kullanılmakta olup, Demir ve Şen (2021) tarafından harfıyat dökülmesi, hayvan pazarının atıkları, çöp depolama bölgesinin yakın olması gibi çeşitli sorunlar ile karşı karşıya kaldığı bildirilmiştir. Ayrıca göletin sulama ve kuraklığa bağlı olarak yüzey alanının 100 ha düştüğü belirlenmiştir.

Sıhke Göleti'nde ortalama değerler su derinliği için 4.5 m, Seki Disk derinliği 48.8 cm, bulanıklık 35.6 NTU, su sıcaklığı 16.2 °C, ÇO 9.04 mg/L, pH 8.16-8.89, Eİ 402.7 $\mu\text{S/cm}$, tuzluluk ‰ 0.24 arasında olurken, titrimetrik analiz ortalama sonuçları ise Cl^- 23.7 mg/L, Ca^{+2} 75.1 mg/L, Mg^{+2} 40.0 mg/L, HCO_3^- 396.5 mg/L, toplam sertlik 352.0 mg/L ve toplam alkalinite 325.0 mg/L arasında belirlemiştir. Azotlu bileşiklerden $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ ve $\text{NH}_3\text{-N}$ ortalama değerleri sırasıyla 14.9 mg/L, 15.5 $\mu\text{g/L}$ ve 0.26 mg/L olurken, fosforlu bileşiklerden PO_4^{-3} ve TP sırasıyla 0.15 ve 0.04 mg/L, SO_4^- ise ortalama 4 mg/L olarak bulunmuştur. Ağır metaller arasında ise ortalama 28.5 $\mu\text{g/L}$ ile Cr yönetmeliklere göre yüksek (III. sınıf su kalite değerleri içerisinde) bulunmuştur (Habeşoğlu, 2021; Habesoglu ve Atici, 2022).

3.11. Dönerdere, Ymuruklu, Değirmigöl ve Dolutaş Göletleri

Atıcı (2018) tarafından bu göletlerde yapılan çalışmada göletlere ait ortalama değerler sıcaklık 17.9 °C, ÇO 8.27 mg/L, pH 8.88, tuzluluk ‰ 0.32 ve Eİ 559.5 $\mu\text{S/cm}$ olmuştur. En yüksek Cl^- (29.6 mg/L) ve Ca^{+2} (413.3 mg/L) Değirmigöl Göleti'nde, Mg^{+2} (103.8 mg/L ile) ise Yumuruklu Göleti'nde en yüksek seviyede belirlenmiştir. Tespit edilen ağır metal ortalama değerleri mangan > molibden > kobalt > çinko > demir > nikel > krom şeklinde bildirilmiştir. Çalışmada $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_3\text{-N}$, PO_4^{-3} ve F^- yönetmeliklere göre II.

sınıfta yer alırken, ağır metallere Mn, Mo ve Co sınır değerlerin üstünde yer almıştır.

Demir ve Şen (2021) tarafından Dönerdere, Yumruklu, Değirmigöl ve Dolutaş Göletleri'nin 2021 yılı kuraklığı ve salma sulama nedeniyle su seviyelerinin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Dönerdere, Yumruklu, Değirmigöl ve Dolutaş Göletleri'nde yüzey alanları azalarak sırasıyla 16, 25, 27 ve 48 hektara düştüğü bildirilmiştir.

3.12. Emek, Hazine, Elaçmaz, Altınboğa, Sırımlı, Aşağı Tulgalı, Oymaklı, Beyarslan (Çeçan), Çubuklu ve Sağmal Göletleri

Demir ve Şen (2021) tarafından yapılan çalışmada sulama amaçlı inşa edilen Emek, Hazine, Elaçmaz, Altınboğa, Beyarslan (Çeçan) ve Çubuklu Göletleri'nin 2021 yılında yaşanan kuraklıktan ve aşırı sulamadan olumsuz etkilendikleri bildirilmiştir. Bu göletler arasından Elaçmaz ve Çubuklu Göletleri'nin tamamen kuruması nedeniyle sazan ölümleri ile karşılaşmıştır. Bu göletler dışında % 97'lik bir su kaybı ile Altınboğa Göleti ve % 84'lük bir su kaybı ile Hazine Göleti 0.5 ha'lık bir alana düşerek tamamen kuruma noktasına gelmiş ve sazan ölümleri görülmüştür. Bir diğer balık ölümlerinin olduğu gölet olan Beyarslan (Çeçan) Göleti'nde de kuraklık ve sulama göletin geleceğini tehdit etmiştir.

Sırımlı, Aşağı Tulgalı, Oymaklı ve Sağmal Göletleri'nde kuraklık nedeniyle su kaybı gözlenmesine rağmen, gelişmiş sulama yöntemleri nedeniyle ciddi bir sorunla karşılaşmamıştır (Demir ve Şen, 2021).

3.13. Koçköprü Baraj Gölü

Elp (2002) yapmış olduğu çalışmada Koçköprü Barajı'nın Zilan Çayı üzerinde kurulduğunu, 1992 yılında su tutulmaya başladığını, maksimum alanının 6.15 km², derinliğinin 48.5 m olduğunu bildirmiştir. Çalışmada Koçköprü Barajı Gölü'nde su sıcaklığını 0.0-25.0 °C; ÇO 5.2-12.3 mg/L, pH 8.01-9.18, Eİ 189-425 µmhos/cm arasında ölçerken, baraj gölünün su kalitesinde herhangi bir sorun olmadığını vurgulamıştır.

3.14. Zerneke Baraj Gölü

Zerneke Baraj Gölü'nün su kalitesi ile yapılan çalışmalara bakıldığında DSİ tarafından 1992 yılında yapılan ölçümlerde sıcaklık 7.5 °C, ÇO 8.5 mg/L, pH 8.03 ve Eİ 376 µmhos/cm ve Secchi-Disk derinliği 72.5 cm olurken, su kalitesi analizlerinde Cl⁻ 39.3 mg/L, Ca⁺² 25.9 mg/L, Mg⁺² 17.3 mg/L, HCO₃⁻ 396.5 mg/L, toplam sertlik 135.6 mg/L, toplam alkalinite 229 mg/L, NO₃-N 0.27 mg/L ve NH₃-N 0.2 mg/L olarak belirlenmiştir (Anonim, 2006).

Şen ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada elektrik ve sulama amacıyla inşa edilmiş olan Zerneke Barajı'nın, 1998 yılında Hoşap Çayı üzerinde işletmeye açıldığı, dolu savakta 5.16 km² alana sahip ve ortalama derinliğinin 20.5 m civarında olduğu bildirilmiştir. Ortalama su sıcaklığı 18.1 °C, ÇO 7.95 mg/L, pH 8.41 ve Eİ 301.3 µmhos/cm, ortalama Seki Disk derinliği 241.3 cm ve TDS 218.4 olurken, Eİ değerlerinden yararlanarak hesaplanan morfo-edafik indeks değeri 10.8 mg/L/m olarak hesaplanmıştır. Titrimetrik analizlerden Ca⁺² ortalama 104.9 mg/L, Mg⁺² 36.28 mg/L, Cl⁻ 12.23 mg/L, CO₃⁻² 0 mg/L, HCO₃⁻ 269.3 mg/L, toplam sertlik 408 mg/L ve toplam alkalinite 220.7 mg/L olarak bulunmuştur. Azotlu bileşiklerden NO₃ ortalama 1.79 mg/L, NO₂ 0.021 mg/L, NH₃ 0.07 mg/L, NH₄⁺ 0.07 mg/L olurken, fosforlu bileşiklerden PO₄⁻³ ortalama 0.052 mg/L ve TP 0.017 mg/L çıkmış, SO₄⁻ ise ortalama 25 mg/L olarak belirlenmiştir.

Yıldız (2012)'ın Zerneke Baraj Gölü'nde yaptığı çalışmada su sıcaklığı 8.5-25 °C, pH 7.2-8.2 ve Eİ 250-370-398 µS/cm arasında olurken, Cl⁻ 9.9-12.1 mg/L, CO₃⁻² 19.2 mg/L, HCO₃⁻ 116.5-213 mg/L ve NH₃-N 0.06-0.2 mg/L olarak bulunmuştur.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Van Gölü Havzası'ndaki durgun su kaynaklarından göl, baraj gölü ve göletlerde yapılmış olan çalışmalarda su kalitesi olarak yerinde yapılan ölçümler; su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, tuzluluk, iletkenlik, pH, TDS, bulanıklık, su derinliği ve ışık geçirgenliği ölçümlerini içerirken, alınan su örneklerinde çeşitli anyon ve katyonlar, ağır metaller, mikrobiyal yük, radyoaktivite, mikroplastik ile diğer kirleticilerin tespiti yapılmıştır. Yapılmış olan çalışmaların tarihine bakıldığında ilk çalışmalar 1940'lı yıllara kadar gitmektedir.

Çalışmalarda elde edilen değerler, havzada pH ve tuzluluğu yüksek Van Gölü ve Erçek gölü dışında da Arin, Akgöl ve Heybeli gibi yüksek tuzlulukta ve iletkenlikte su kalitesine sahip göllerin olduğunu göstermektedir. Akgöl aynı zamanda sulak alan özelliğinde olup, yaz ve sonbahar aylarında kurumaktadır. Bu göller dışındaki göller tamamen tatlısu özelliğindedir. Baraj göllerine bakıldığında en son yapılan Morgedik Barajı dışındaki diğer barajlarda sulama, balıkcılık ve elektrik üretimi gerçekleşmekle beraber zaman zaman bu barajlarda su seviyesinde ciddi düşümler yaşanmaktadır.

Havzada sayıca en fazla su kaynağı göletlere ait olurken, birçoğunun inşası Urartu dönemine kadar dayanmaktadır. Göletler, bölge insanın tarımsal faaliyetlerinde önemli bir yer tutmakla birlikte son zamanlarda yaşanan kuralık ve kontrolsüz sulama bazı göletleri kuruma noktasına getirmiştir.

5. KAYNAKÇA

- Akdemir, F. (2014). *XRF ve ICP-OES teknikleri ile Van Gölü'nün su ve sedimentinin eser element analizi* (Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum, 126 s.
- Akkuş, M. (2011). *Uzaktan Algılama ile Erçek Gölü'nün Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma* (Yüksek Lisans Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van, 57 s.
- Akman, R. ve Atıcı, A. A. (2022). Van Gölü'nde sintine suyu kaynaklı kirliliğin incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27 (2), 452-465. doi: 10.53433/yyufbed.1058474
- Akyıl, S., Aytaş, Ş., Yuşan, S., Türközü, D. A., Aslani, M. A. A., Işık, A. M., M. Ölgen, K., Aycan, H. A., Tolluoğlu, Ü. ve Meral Eral, M. (2009). Van Gölünün Radyolojik ve Hidrojeokimyasal Risk Açısından Değerlendirilmesi. *X. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi*, 6-9 Ekim 2009, 328-335.
- Anonim, (2006). XVII. Bölge Müdürlüğü, Stok Tespit Raporu, Van.
- Atıcı, A. A., Sepil, A. ve Sen, F. (2020). Zeve Yerleşkesi (Van) doğu sahili plastik kirliliğinin temiz sahil indeksi ile değerlendirilmesi. *Review of Hydrobiology*, 13 (1), 1-10.
- Atıcı, A. A. (2020). Dönerdere, Yumruklu, Değirmigöl ve Dolutaş Göletlerinin (Van, Türkiye) su kalitesi özelliklerinin belirlenmesi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Dergisi*, 5 (3), 348-355. doi: 10.35229/jaes.756835
- Atıcı, A. A., Sepil, A. ve Şen, F. (2021). Van Gölü havzası tuzlu sularının su kalitesi özellikleri ve ağır metal kirlilik indeksinin belirlenmesi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58 (2), 285-294, doi: 10.20289/zfdergi.750813
- Atıcı, A. A., Sepil, A., Şen, F. ve Karagoz, M. H. (2022). First evaluation of microplastic pollution in the surface waters of the Van Bay from Van Lake, Turkey, *Chemistry and Ecology*, 38 (1), 1-16. doi: 10.1080/02757540.2021.2022126
- Aydın, E., Parlak, M., Güdücüoğlu, H. ve Bayram, Y. (2021). Van ili sınırları içerisinde Van ve Erçek Gölü'nün mikrobiyolojik kirlilik seviyesinin belirlenmesi. *Türk Mikrobiyol Cemiyet Dergisi*, 51 (2), 132-42.

- Aydın, H., Ögün, E., Aydın, F., Selçuk Zorer, Ö., Özdemir, Ö.F., Bora, G., Bozlar Pınaroğlu B., Şen, F., Yıldız, N., Elp, M. ve Solmaz, H. (2017). Van Gölü hidrojeokimyası ve Su Kirliliği Değerlendirmesi. *Ulusal Çevre, Deniz ve Kıyı Kirliliği Sempozyumu*, 10-12 Ekim 2017, Bursa, Türkiye. s. 55.
- Bilgili, A., Sağlamlıgil, H., Çetinkaya, N., Yarsan, E. ve Türel, İ. (1995). Van Gölü suyunun doğal kalitesi ve buradan avlanan inci kefalı (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811) örneklerinde bazı ağır metal düzeyleri. *Ankara Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 42, 445-450.
- Çavuş, A. (2018). *Aygır Gölü Su Kalitesi ve Yönetimi Üzerine Bir Araştırma*. (Doktora Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van, 215 s.
- Çavuş, A. ve Şen, F. (2022). Development of a water quality index for Lake Aygır in Bitlis, Turkey. *Marine Science and Technology Bulletin*, 11 (2), 187-193. doi: 10.33714/masteb.1060608
- Çavuş, A. ve Şen, F. (2023). Propriedades químicas e microbiológicas do lago Aygır na Turquia e uso de bebidas, pescarias e irrigação. *Brazilian Journal of Biology*, 83.
- Çavuş, A. ve Şen. (2020). Assessment in-situ measurements in monitoring water quality status of Lake Aygır, Bitlis. *Journal of Agriculture*, 3 (1): 19-27. doi: 10.46876/ja.750086
- Çetinkaya, O. (1993). Van Gölü Havzası Su Kaynakları ve Balıkçılık Potansiyeli. *Doğu Anadolu I. Su Ürünleri Sempozyumu*. 23-25 Haziran 1993, Erzurum, Türkiye. s. 71-83.
- Çetinkaya, O. (2003). *Su Kalitesi Ders Notları*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü. Van. 76.
- Danulat, E. and Selcuk, B. 1992. Life history and environmental conditions of the anadromous *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae) in the highly alkaline Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey. *Archive für Hydrobiologie*, 126 (1), 105-125.
- Danulat, E. ve Kempe, S. (1992). Nitrogenous waste excretion and accumulation of urea and ammonia in *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae), endemic to the extremely alkaline Lake Van (Eastern

- Turkey). *Fish Physiology and Biochemistry*, 9 (5-6), 377-386. doi: 10.1007/BF02274218
- Degens, E. T. ve Kurtman, F. (1978). The Geology of Lake Van, MTA yayınları, no 169, Ankara, 158s.
- Degens, E. T., Wong, H. K., Kempe, S. ve Kurtman, F. (1984). A geological study of Lake Van, Eastern Turkey. *Geol Rundsch*, 73, 701-734. doi: 10.1007/BF01824978
- Degens, E. T., Wong, H. K., Kurtman, F. ve Finckh, P. (1978). Van gölü'nün jeolojik gelişimi: Bir özet, The Geology of Lake Van. in E.T Degens and F. Kurtman (Editors), Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, 147-158, Ankara.
- Demir, M. ve Şen, F. (2021). 2021 Yılında Görülen Kuraklığın Van İlindeki Bazı Su Kaynakları ve Balıkçılığa Etkileri. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1 (2), 94-105.
- Elp, M. (2002). *Koçköprü Baraj Gölü'nde (Van) Yaşayan Siraz (Capoeta capoeta, Guldensteadt, 1772) ve İnci Kefali (Chalcalburnus tarichi, Pallas, 1811) Populasyonları Üzerine Bir Araştırma* (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 144 s.
- Güneş, S. (2016). *Nazik Gölü Su Kalitesinin Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tunceli, 215 s.
- Habeşoğlu, Ş. (2021). *Sihke Göleti Su Kalite Kriterlerinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van, 141 s.
- Habesoglu, S. ve Atici, A. A. (2022) Assessment of pollution indices and human health risk related to 13 heavy metal contents in surface water of Sihke Pond (Van), Turkey, *Spectroscopy Letters*, 55 (7), 464-477, doi: 10.1080/00387010.2022.2099424
- İpek, S. ve Sarı, M. (1998). Erçek Gölü'nün batimetrik özelliklerinin belirlenmesi. TÜBİTAK, Ankara, Türkiye, YDABÇAG-609-A.
- İzbrak, R. (1987). Sular Coğrafyası Ders Notu. Ankara, 70 s.
- Kaden, H., Peeters, F., Lorke, A., Kipfer, R., Tomonaga Y. ve Karabıyıkoglu, M. (2010). Impact of lake level change on deep-water renewal and oxic conditions in deep saline Lake Van, Turkey. *Water Resources Research*, 46, 1-14.

- Kempe, S. (1977). Hydrographie, Warvenchronologie und organische geochemie des Van Sees, Osttürkei. Dissertation, *Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg*, 47, 125–228.
- Kempe, S., Kazmierczak, J., Landmann, G., Konuk, T., Reimer, A. ve Lipp, A. (1991). Largest known microbialites discovered in Lake Van, Turkey. *Nature*, 349, 6310, 605. doi: 10.1038/349605a
- Kurtaş, T. ve Tezcan, L. (2018). Nemrut Kaldera Göllerinin su kaynakları potansiyeli. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22 (2), 823-831.
- Meydan, A. F. ve Akkol, S. (2020). Erçek Gölü su kolonunun mevsimsel sıcaklık dinamiği, Doğu Anadolu/Türkiye. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26 (6), 1148-1153.
- Öğün E., Atalan, E. ve Özdemir, K. (2008). Van Gölü Suyunun Bazı Bakteri Suşları Üzerine Sınırlayıcı Etkisi. *Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı*. 21-22 Ağustos 2008, Van, Türkiye s. 116-120.
- Öğün, E., Atalan, E. ve Özdemir, K. (2005). A study of some pollution parameters in water samples from Lake Van, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 14(11): 1031-1035.
- Omeroglu, E., Sudagidan, M. ve Ogun, E. (2022). Arsenic pollution and anaerobic arsenic metabolizing bacteria in Lake Van, the World's Largest Soda Lake. *Life*, 12 (11), 1900. doi: 10.3390/life12111900
- Reimer, A., Landmann G. ve Kempe, S. (1992). Wasserchemie des Van Sees, seiner Zuflüsse und der Porenwässer, Final report DFG Project Wo 395/2-1-2-4.
- Reimer, A., Landmann, G. ve Kempe, S. (2009). Lake Van, eastern Anatolia, hydrochemistry and history. *Aquatic Geochemistry*, 15 (1-2), 195-222.
- Savran, A. ve Ceylan, H. (1992). Van Gölü suyunun 1991 yılı içindeki kimyasal analizi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1 (2), 21-30.
- Saygın, S. (2019). *İnci Kefali (Alburnus tarichi (Güldenstädt, 1814))'nin Otolit Stronsiyum İzotop Oranlarından (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) Faydalanılarak En Uygun Doğal Üreme Alanının Belirlenmesi ve Türün Biyolojik Döngüsü (Doktora Tezi)*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun, 381 s.
- Selçuk Zorer, Ö. ve Şahan, T. (2011). The concentration of ²³⁸U and the levels of gross radioactivity in surface waters of the Van Lake (Turkey).

- Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 288 (2), 417-421. doi: 10.1007/s10967-010-0958-x
- Selçuk Zorer, Ö., Yıldız Yorgun, N., Özdemir, Ö. F., Ögün, E., Aydın, H., Atıcı, A. A., Aydın, F., Bora, G., Şen, F., Çavuş, A., Bozlar Pınaroğlu, B., Solmaz, H. ve Elp, M. (2023). Comprehensive natural radioactivity and pollution risk assessments of aquatic media and sediment in Lake Van (Türkiye). *Marine Pollution Bulletin*, 186, 114449. doi: 10.1016/j.marpolbul.2022.114449.
- Sepil, A. (2020). *Nemrut Krater Gölü (Bitlis) Su Kalitesi, Gölde Yaşayan Aphanius mento (Heckel, 1843)'nun Larval Ontogenisi ve Osmoregülatör Kapasitesinin Belirlenmesi* (Doktora Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van. 137 s.
- Şen, F. (2001). *Nazik Gölü (Ahlat-Bitlis) Sazan (Cyprinus carpio L.1758) Populasyonu Üzerinde Bir Araştırma* (Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum, 140 s.
- Şen, F. (2016). Türkiye'de Su Kaynakları Yönetimi, Söz Sahibi Kurumlar, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ve Su Ürünleri Uygulamaları, 2023-2071 Vizyonuyla Tarım, (Ed. Sabri Kızılkaya, Hüseyin Öztürk, Fatih Doğan, Şahin Değirmen, Nail Süngü), Semih Sistem Ofset Basım Yayım, Ankara, s. 208-241.
- Şen., F., Elp, M. ve Kankaya, E. (2006). Zerneke Baraj Gölü (Van) Su Kalitesi ve Gölde Yaşayan Ekonomik Balık Türlerinin Bazı Populasyon Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma. Proje Sonuç Raporu (2006-Zf-B07).
- Sönmez, F., Güneş, S., Özbey, N., Şeker, T. ve Arisoy, G. (2017). Nazik Gölü (Bitlis, Türkiye) fitoplanktonunun mevsimsel değişimleri. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*, 3 (4), 219-235.
- Tomonaga, Y., Brennwald, M. S., Livingstone, D. M., Kwiecień, O., Randlett, M. E., Stockhecke, M., Unwin, K., Anselmetts, F. S., Beer, J., Haug, G. H., Schubert, C. S., Sturm, M. ve Kipfer, R. (2017). Porewater salinity reveals past lake-level changes in Lake Van, the Earth's largest soda lake. *Scientific Reports*, 7 (1), 313.
- Tuğrul, S., Dümlü, G., Bastürk, Ö., İlhan, R. ve Balkas, T. (1984) Van Gölü Özümlenme Kapasitesinin Saptaması ve Evsel Nitelikli Atıksu Arıtımı ve Deşarj Optimizasyonu. TÜBİTAK Report, Proj. No. 0730018301, Van, 185 pp.

- Turan, A. ve Aldemir, A. (2022). Statistical assessment of seasonal variations in water quality for different regions in Lake Van (Türkiye). *Environmental Monitoring and Assessment*, 195 (1), 237. doi: 10.1007/s10661-022-10820-3
- Türkoğlu, M. (2008). *Van Gölü'nden Alınan Su, Sediment ve İnci Kefali (Chalcalburnus tarichi, Pallas 1811) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van. 45 s.
- Wong, H. K. ve Degens, E. T. (1978). The bathymetry of Lake Van, Eastern Turkey. in *The Geology of Lake Van*. in E.T. Degens ve F. Kurtman (Editors), Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Press, 6-10, Ankara.
- Yıldız, İ. (2004). *Van Bostaiçi Göleti Siliyat (Protozoa, Ciliphora) Faunası Üzerine Araştırmalar* (Doktora Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van, 196 s.
- Yıldız, İ. ve Şenler, N. G. (2018). Bostaniçi Göleti (Tuşba, Van) siliyat (Protista, Ciliophora) faunası. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23 (2), 129-147.
- Yıldız, Ş. (1997). *Erçek Gölü Zooplankton Türlerinin Aylık ve Mevsimsel Dağılımları* (Doktora Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van. 34 s.
- Yıldız, Ş. (2012). Zerneke-Baraj Gölü (Van / Türkiye) zooplankton faunası. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5 (1): 57-59.
- Yiğit, A., İrak, Z. T., Öztürk, D., Öztürk, E., Alpaslan, D., Şahan, T. ve Aktaş, N. 2017. Van Gölü suyunun iyon karakterizasyonu ile su kalitesinin belirlenmesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7 (4), 169-179.

BÖLÜM 5

BİYOĞÜBRELER

Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ¹

Dr. Murat GÜLER²

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Kırşehir, Türkiye, hogutcu@ahievran.edu.tr
Orcid ID: [0000-0001-7100-9318](https://orcid.org/0000-0001-7100-9318)

² Milli Eğitim Bakanlığı Kırşehir Fatma Muzaffer Mermer Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi,
Kırşehir, Türkiye, volvox2015@gmail.com Orcid ID: [0000-0002-3074-6458](https://orcid.org/0000-0002-3074-6458)

GİRİŞ

Dünyada temel gıda kaynağı olarak temsil edilen tarım, küresel olarak su tüketiminin en belirgin örneğini oluşturduğu için gıda talebinin ve su tüketiminin yakın gelecekte önemli ölçüde artması beklenmektedir (Friha ve ark., 2021). Ayrıca artan gübre ve böcek ilacı tüketimi, çiftçilik faaliyetlerinin yoğunlaşmasıyla birleştiğinde gelecekte çevresel tahribatlara yol açacağı kaçınılmaz gerçeklerdir. Benzer şekilde ekilebilir arazilerin sınırlı olması ve dünya çapında çiftçi sayısının giderek azalması yenilikçi ve sürdürülebilir tarım çözümlerine duyulan ihtiyacı daha da artırmaktadır. Dünya nüfusunun 2050 itibarıyla 9,7 milyara ulaşacağı tahmin edildiğinden bu ihtiyacın devam edeceği öngörülmektedir. Sürekli artan nüfusa bağlı olarak gıda talebinin artması ve benzeri görülmemiş yoğunlukta zirai amaçlı kimyasalların kullanımı doğal kaynakların kirlenmesine de neden olmuştur (Elijah ve ark., 2018).

Doğal yollarla CO₂ absorpsiyonu yapan ormanların başta sanayi ve endüstriyel amaçla tahrip edilmesi doğal karbon döngüsü sürecine zarar vermiştir. Bu durum karbon ayak izi miktarını artırarak düzensiz iklim modelini tetiklemiştir (Tzounis ve ark., 2017). Sanayi, ulaştırma ve enerji temininde doğalgaz, petrol, kömür gibi fosil yakıtların yoğun bir şekilde kullanılması sonucu oluşan metan (CH₄), azot oksit (N₂O) ve flora kloro karbon (CFC5) gibi sera gazları küresel ısınmayı tetiklemekte dünya gıda üretiminin ve ekonomisinin dayandığı tarım sektörüne ciddi zararlar vermektedir. İklim değişikliği ile tarım arasında ayrılmaz bir ilişki olduğu için iklim koşullarındaki bu kadar hızlı ve ani değişimler küresel ölçekte gıda güvenliğini tehdit etmektedir. 2018 Dünya Gıda Programı (WFP) raporu, hektar başına mahsul verimindeki artışın, artan nüfus oranlarına kıyasla önemli ölçüde azaldığını ortaya koymuştur. 2016 yılında yayınlanan Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre sera gazı emisyonlarının mevcut durumu ve iklim değişikliği devam ederse 2100 yılına kadar başlıca tahıl mahsullerinin üretiminde (mısır veriminde %20-45, buğdayda %5-50 ve pirinçte %20-30) düşüş olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle çok yakın bir gelecekte mahsul kayıpları eşi görülmemiş bir oranda artarak tarımsal üretimin azalmasına, gıda fiyatlarının yükselmesine ve artan nüfusun ihtiyaçları ile başa çıkmayı zorlaştıracaktır (Aydinalp ve Cresser, 2008). Diğer taraftan yeşil devrimden bu yana yaygın olarak kullanılan kimyasal içerikli gübreler, toprak verimliliğini sürdürmede sıkıntılara yol açmaktadır. Ayrıca bitkilere vazgeçilmez besin maddelerini

sağlama açısından büyük öneme sahip olan toprak mikroflorası ve mikrofaunası için toprak ekolojisini yaşanmaz hale getirerek ve toprak sağlığına ciddi zararlar vermektedir. Kimyasal içerikli gübrenin gelişigüzel kullanımı toprağın temel bitki besin maddelerinden ve organik maddeden mahrum kalmasına yol açmaktadır. Ayrıca havayı, suyu ve toprağı kirleterek doğa için de büyük tehdit oluşturmakta ve yeraltı sularında birikmeye başlayarak kısmi su kütlelerinin ötrofikasyonuna da neden olmaktadır. Bu kimyasallar toprağın su tutma kapasitesini azaltarak toprak tuzluluğunu artırmakta ve dolayısıyla toprak besin maddelerinin dengesini bozup toprak verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Savcı, 2012). Uzun süreli kimyasal gübre kullanımının tüm olumsuz etkileri göz önüne alındığında organik tarım, sağlıklı gıda arzına yönelik artan talep, uzun vadeli sürdürülebilirlik ve çevre kirliliği ile ilgili endişeler açısından güçlü bir alternatif alan olarak ortaya çıkmaktadır (Gurdeep ve Reddy, 2015). Dünyada artan gıda talebini karşılamak için kimyasal gübrelerin kullanılması kaçınılmaz olsa da bazı seçilmiş mahsullerin ve niş alanların organik tarım yoluyla iyi bir şekilde geliştirilebileceği fırsatlar vardır (Macilwain, 2004).

Toprak biyokimyasını bozan bir diğer etken olan pestisitler, topraktaki tüm ksenobiyotikler arasında en yaygın kirleticilerdir. Bir pestisit böceklerin, yabani otların, kemirgenlerin, mantarların veya diğer zararlı haşerelerin popülasyonlarını önlemek, caydırmak, kontrol etmek veya öldürmek için kasıtlı olarak çevreye salınan zehirli bir kimyasal madde veya biyolojik ajan karışımı olarak tanımlanabilir. Dünya çapında pestisitler; herbisitler, insektisitler, fungusitler, kemirgen öldürücüler, yumuşakça öldürücüler, nematositler olmak üzere farklı kategorilere ayrılır.

Pestisitler, çözünürlüklerine bağlı olarak doğal ekosisteme iki farklı yoldan girerler. Suda çözünen pestisitler suda çözünerek yer altı sularına, akarsulara, nehirlere ve göllere karışarak birçok türe zarar verir. Öte yandan yağda çözünen pestisitler, "biyoamplifikasyon" olarak bilinen bir süreçle hayvanların vücutlarına girer. Hayvanların yağ dokularında emildikleri için pestisitler gıda zincirlerinde uzun süre kalıcı olmasına neden olurlar. Pestisitlerin kontrolsüz kullanımı birçok karasal ve suda yaşayan hayvan ve bitki türünün azalmasına neden olmuştur. Uçucu hale gelen pestisitler havaya buharlaşır ve devamında hedef olmayan organizmalara zarar verebilir. Bu durum kartal, alaca, doğan ve balık kartalı gibi bazı nadir türlerin hayatta

kalmasını tehdit etmektedir (Helfrich ve ark., 2009). Tüm pestisit kategorileri arasında insektisitlerin en zehirli olduğu kabul edilirken, fungusitler ve herbisitler toksisite listesinde ikinci ve üçüncü sıradadır. Pestisitler insan vücuduna yutma, soluma veya deri yoluyla nüfuz ederek girerler (Spear, 1991). Çoğunlukla gelişmekte olan ülkeler olmak üzere yaklaşık 2,2 milyon insan pestisitlere maruz kalma riskiyle karşı karşıyadır (Hicks, 2017). Ayrıca bebekler, küçük çocuklar ve pestisit uygulayan tarım işçileri pestisit toksik etkilerine diğerlerinden daha duyarlıdır. Pestisitlerin insan sağlığı üzerindeki etkileri kronik veya uzun vadeli etkiler şeklinde olur. Pestisit maruziyetinin ani etkileri arasında baş ağrısı, gözlerde ve ciltte batma, burun ve boğazda tahriş, ciltte kaşıntı, ciltte kızarıklık ve kabarcıkların ortaya çıkması, baş dönmesi, ishal, karın ağrısı, mide bulantısı ve kusma yer alır. Pestisitlere uzun süreli maruz kalma ayrıca karaciğer, akciğer ve böbreklere zarar vererek hastalıklara neden olabilir. Ancak insanların çoğu pestisit bulaşmış gıdaların alımından etkilenir.

Son 50 yıldaki hızlı nüfus artışı ve yüksek kaliteli gıdaya olan artan talep pestisit kullanımını ciddi bir şekilde artırmıştır. Oberemok ve ark., (2015)'na göre 2050 yılında tarımda pestisit kullanımı 2000 yılına göre 2,7 kat daha fazla olacak ve bu muhtemelen insan sağlığı için gelecek nesilleri tehlikeye atacaktır. Toprak biyojeokimyasal döngülerini bozan pestisitlerin aktif maddeleri toprak ortamında kirlilik oluşturarak burada yaşayan mikroorganizmaları etkiler (Verma ve Jayakumar, 2012).

Biyogübre; tohumlara, bitkilere veya toprağa uygulandığında rizosferi veya bitki içinde kolonize olan ve konukçu bitkiye besin tedarikini artırarak bitki büyümesini destekleyen canlı mikroorganizmalar içeren bir maddedir (Vessey, 2003; Malusa ve Vassilev, 2014). Biyogübreler, bitkiler tarafından kolayca asimile edilebilen besinlerin mevcudiyetini artıran mikrobiyal süreçleri hızlandırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Atmosferik azotu sabitleyerek ve çözünmez fosfatları çözerek toprak verimliliğini artırır ve toprakta bitki büyümesini destekleyen maddeler üretirler. Dolayısıyla toprak verimliliğini ve nihai olarak mahsul verimini büyük ölçüde artırır (Mazid ve Khan, 2015). Biyogübreler, nitrojen fiksasyonu, fosfat çözündürme, bitki büyümesini teşvik edici maddelerin salgılanması ve toprakta biyolojik bozunma gibi biyolojik işlemler yoluyla besin açısından önemli elementleri kullanılamaz formdan kullanılabilir forma dönüştürme yeteneğine sahip bir

veya daha fazla mikroorganizma türü içeren ürünlerdir. Başka bir deyişle biyogübreler, tek başına veya kombinasyon halinde bakteri, alg, mantar gibi canlı mikrobiyal aşılایıcılar vasıtasıyla bitkilere besin tedariki sağlayan doğal gübrelerdir (Pandey, 2012).

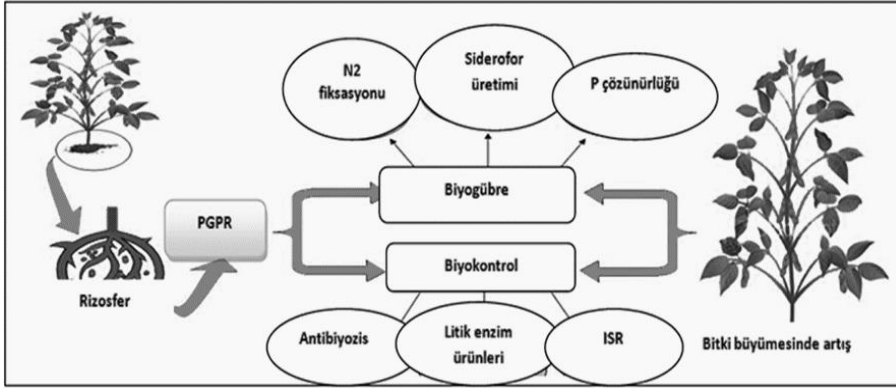
1. Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteriler (PGPR)

Toprak; gaz, sulu ve katı halde bulunan organik ve mineral bileşenlerin bir karışımından oluşan bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için doğal bir ortamdır. Toprak çevresel ve yapısal önemli farklılıklar gösterse de bitki kök sistemi ve mikroorganizmaların uygun gelişimi için gerekli olan su ve besin deposu işlevini yerine getirme eğilimindedir (León Santiesteban ve Rodríguez-Vázquez, 2017). Toprak mikroorganizmaları, toprağın biyokimyasal özelliklerini ve organik madde gibi toprağın fizikokimyasal özelliklerini belirledikleri için toprak verimliliği ve üretkenliğinin önemli göstergesi olarak kabul edilirler (Van Der Heijden ve Wagg, 2008). Bitkiler, rizosferik mikroorganizmalar ile sürekli etkileşim halinde olup çok çeşitli bileşikler salgılayarak kök rizosferinin çevresini değiştirebilirler (Nihorimbere ve ark., 2011) (Tablo 2). Kökleri veya rizosfer toprağını kolonize eden ve bitki için yararlı olan bakteri grubuna bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) adı verilir. Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler, bitki köklerini yoğun bir şekilde kolonize eden tohumu veya bitkiye uygulandığında büyüme ve verim artışı sağlayan, serbest yaşayan toprak bakterileridir. PGPR'lar bitki hastalıklarının baskılanması (biyokontrol), besin desteği sağlama (biyogübre) veya fitohormon üretimi (biyostimülant) yoluyla büyüme ve gelişmeyi destekler (Kumar ve ark., 2014). Örneğin *Pseudomonas* ve *Bacillus* cinslerine ait bazı türler, su ve besin alımı için bitki köklerinin emici yüzeyini artırma etkisine sahip olan, fitohormonlar veya büyüme düzenleyicileri üretebilirler. Bu PGPR'lere biyostimülantlar denir ve ürettikleri fitohormonlar arasında indolasetik asit, sitokininler, gibberellinler ve etilen üretiminin inhibitörleri yer almaktadır (Tablo 1). Sürdürülebilir tarımsal üretimde mikrobiyal aşılایıcıların veya bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin (PGPR) kullanımı dünyanın birçok yerinde tarımda yaygın kabul gören bir uygulama haline gelmektedir (Majeed ve ark., 2010).

Tablo 1. Bazı PGPR'lar ve Bitki Gelişimine Etkileri (Kumar ve ark., 2018)

Bitki	PGPR	Bitki Gelişimi Üzerindeki Etkisi	Kaynak
<i>Phaseolus vulgaris</i> (Fasulye)	<i>Rhizobium tropici</i>	Nodül sayısı,	Perez- Montano ve ark., 2013
	<i>Azospirillum.brasileense</i>	ağırlığı, kök gelişiminde artış	
	<i>Rhizobium spp.</i>	Nodülasyonda, bitki	Küçük, 2011
	<i>Bacillus subtilis</i>	Gelişiminde ve <u>tane veriminde</u> artış	Elkoca ve ark., 2010
<i>Zea mays</i> (Mısır)	<i>Bacillus megaterium</i>		
	<i>Azospirillum brasileense</i>		
	<i>Bacillus japonicum</i>	Bitki gelişiminde artış	Perez- Montano ve ark., 2013
<i>Pisum sativum</i> (Bezelye)	<i>Bacillus spp.</i>		
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	HCN, Siderofor, IAA üretimi	Ahemad ve Kibret, 2014
	<i>Rhizobium spp.</i>	ile bitki gelişimini teşvik etme	Ahemad ve Kibret, 2014
<i>Trifolium subterraneum</i> (Yeraltı üçgülü)	<i>Pseudomonas putida</i>	Kök ağırlığında artış	Nadeem ve ark., 2014
<i>Lycopersicon esculentum</i> (Domates)	<i>Pseudomonas putida,</i>	Antioksidant aktivite,	Nadeem ve ark., 2014
	<i>Azotobacter chroococcum,</i>	Likopen düzeyinde ve Potasyum içeriğinde	
	<i>Azospirillum lipoferum</i>	artış	
<i>Vicia sativa</i> (Fiğ)	<i>Bacillus spp.</i>	Bitki gelişimini teşvik	Cevheri ve Küçük, 2012
<i>Vicia ervilia</i> (Burçak otu)			

PGPR'nin bitki büyümesini teşvik edici (PGP) etkisi, doğrudan ve dolaylı mekanizmalarla açıklanır. Doğrudan mekanizmalar arasında; azot fiksasyonu, fosfat ve potasyum çözücülüğü, siderofor üretimi, fitohormon üretimi yer alır. Dolaylı mekanizmalar arasında ise hidrolitik enzim üretimi, eksopolisakkarit üretimi, indüklenmiş sistemik direnç (ISR), ağır metallerin biyoremediasyonu yer almaktadır (Glick, 1995; Khan, 2005).



Şekil 1. Bitki Gelişimine Katkı Sağlayan Mekanizmalar (Kumar ve ark., 2011).

Tablo 2. Bazı Bitkilerden Salgılanan Kök Salgı Bileşikleri (Ahemad ve Kibret, 2014)

Bileşikler	Kök Salgıları
Amino asitler	Asparagine, histidine, cystine, lysine, threonine, α -Alanine, β -alanine, aspartate, cystein, glutamate, glycine, isoleucine, leucine, methionine, serine, proline, valine, tryptophan, ornithine, arginine, homoserine, phenylalanine, γ -Aminobutyric acid, α -Amino adipic acid
Organik asitler	Malonic acid, citric acid, formic acid, oxalic acid, malic acid, pyruvic acid fumaric acid, valeric acid, succinic acid, acetic acid, butyric acid, erythronic acid, glycolic acid, aconitic acid, lactic acid, glutaric acid, tetric acid, aldonic acid, piscidic acid
Şekerler	Galactose, glucose, ribose, fructose, xylose, raffinose, rhamnose, arabinose, desoxyribose, oligosaccharides, maltose
Vitaminler	Biotin, thiamin, pantothenate, riboflavin, niacin
Purin/Nukleozitler	<u>adenine</u> , uridine, uanine, cytidine,
Enzimler	Amylase, acid/alkaline-phosphatase, protease, invertase
<u>inorganik</u> maddeler ve <u>gazlar</u>	HCO_3^- , OH^- , H^+ , CO_2 , H_2

2. Bitki Gelişimini Teşvik Eden Doğrudan Mekanizmalar

2.1. Azot Fiksasyonu

2.1.1. *Rhizobium* sp.

Rhizobium, baklagil köklerini kolonize eden ve atmosferik azotu simbiyotik olarak sabitleyen bir toprak habitat bakterisidir. Rhizobiumlar belirli baklagillerin köklerini kolonize ederek kök nodülleri adı verilen ve amonyak üretim fabrikaları görevi gören tümör benzeri oluşumlar meydana getirir. Rhizobium'un morfolojisi ve fizyolojisi, serbest yaşam durumundaki haliyle nodüllerdeki bakteroid şeklindeki durum arasında değişiklik gösterir. Sabitlenen azot miktarına göre en verimli biyogübrelerdir. *Bradyrhizobium* sp., *Sinorhizobium* sp., *Azorhizobium* sp., *Mesorhizobium* sp. ve *Allorhizobium* sp. cinslerini içermektedir (Vance, 2001). Baklagil dışındaki bitkilerde simbiyoz olmayan azotu sabitleyen rizobakteriler diazotroflar olarak adlandırılır ve konukçu bitkilerle zorunlu olmayan bir etkileşim oluşturma yeteneğine sahiptirler (Verma ve ark., 2010).

Azot fiksasyonu işlemi, kofaktör olarak demir (Fe) içeren dinitrojenaz redüktaz ve kofaktör olarak demir (Fe) ve molibden (Mo) içeren dinitrojenazdan oluşan nitrojenaz enzimi tarafından gerçekleştirilir. Dinitrojenaz redüktaz elektronları alır ve N_2 'yi NH_3 'e indirgemek için kullanır (Santi ve ark., 2013). Dinitrojenazın kofaktöründeki varyasyona bağlı olarak, Mo-nitrojenase, V-nitrojenase ve Fe nitrojenaz gibi üç farklı tipte nitrojenaz kompleksi bulunur. N_2 fiksasyonundan sorumlu genler, hem simbiyotik hem de serbest yaşayan azot fikse edici mikroorganizmalarda bulunan nif genleri olarak adlandırılır. Nif genleri, Fe protein aktivasyonunda yer alan yapısal genleri, Fe-Mo kofaktör biyosentezini, elektron akışını ve enzimin sentezi için gerekli olan düzenleyici genleri içerir (Ahemad ve Kibret, 2014).

2.1.2. *Azotobacter* sp.

Azotobacter cinsi; esas olarak nötr veya alkali topraklarda yaşayan heterotrofik, simbiyotik olmayan ve serbest yaşayan azot bağlayıcı bakterilerin ana grubunu temsil eder. Bu bakteriler Gram negatifler ve şekilleri değişkendir. Genellikle çubuklardan kokoid hücrelere kadar değişen, çapları 1.5-2.0 μm veya daha fazla olan büyük, oval ve pleomorfik hücrelerdir. Taze kültürlerde, hücreler yüzeylerinde bulunan çok sayıda flagella nedeniyle hareketlidir, ancak daha sonra hücreler hareketliliklerini kaybederler ve neredeyse küresel hale

gelerek hücre kapsülünü oluşturan kalın bir mukus tabakası üretirler. *Azotobacter* sp. biyogübreler arasında bazı benzersiz özelliklere sahiptir. Birden fazla tipte nitrojenaz enzimine sahiptirler (Joerger ve Bishop, 1988). Endospor üretmezler, ancak kalın duvarlı kistleri, oval veya küresel bakterileri oluştururlar. Kist oluşumu, ortamdaki besin konsantrasyonu, etanol, n-butanol veya β -hidroksibutirat gibi bazı organik maddelerin eklenmesiyle indüklenir. Ayrıca kimyasal faktörler, katabolizmadaki değişiklikler, solunum ve makromoleküllerin biyosentezi kist oluşumunu tetikleyebilir (Salhia, 2013).

Azotobacter sp. bitki büyümesini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen bazı büyüme hormonları (IAA, gibberlinler ve sitokininler gibi diğer oksinler), antibakteriyel ve antifungal bileşikler, vitaminler ile siderofor üretme yetenekleriyle de bilinirler. Ayrıca birçok bitki patojenine karşı savaşmak için antifungal bileşikler üretebilir. Birçok *Azotobacter* türünün de çeşitli pigmentler ürettiği rapor edilmiştir. Örneğin, *A. chroococcum* suda çözünen koyu kahverengi bir melanin pigment oluşturur. Bu işlem metabolizmanın yüksek olduğu azot fiksasyonu sırasında gerçekleşir. Bu durumun nitrojenaz sistemini oksijenden koruduğu düşünülmektedir. Diğer *Azotobacter* türleri sarıyeşilden mor renklere kadar çeşitli pigmentler üretmektedir (Shivprasad ve Page, 1989).

Azotobacter'ler yılda yaklaşık 20 kg N/ha/ha'yı fikse edebilmektedir. Üretilen sabit azot ve bitki büyüme düzenleyici benzeri maddelerle yaprak, kök, dallanma, çiçek açma ve meyve gelişimi uyarılır. Yaprak alanındaki artış oranı bitkinin fotosentetik kapasitesini belirler ki bu da ürünün daha iyi özümsemesine ve verim artışına yol açar (Kızılkaya, 2009). *Azotobacter* aşılmasında verim artışının sebzelerde %2 ile %45, şeker kamışında %9 ile %24, mısır, sorgum, hardal gibi bitkilerde %0 ile %31 arasında değiştiği belirtilmektedir (Pandey ve Kumar, 1989). Ayrıca olumsuz koşullar altında su eksikliğine karşı bitki toleransını arttırmaları (Silletti ve ark., 2021).

2.1.3. *Azospirillum* sp.

Azospirillum cinsi; alphanproteobacteria sınıfına ait bir Gram-negatif eğri çubuk, mikroaerofilik bir kemoorganotrof bakteridir. Bu bakteri 1978'de ilk kez izole edilmiş ve adlandırılmıştır (Tarrand ve ark., 1978). *Azospirillum* sp. başta pirinç, buğday, mısır ve şeker kamışı olmak üzere Gramineae familyasının üyelerinin rizosfer ve köklerinden izole edilse de daha sonraları kahve,

meyveler ve orkideler de bu bakterinin konakçısı olarak rapor edilmiştir. Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) arasında olan *Azospirillum* türlerinin veya suşlarının insan veya bitki patojeni olduğu bildirilmemiştir. Nodül yapmayan "serbest yaşayan" bir azot sabitleyici olarak bilinen *Azospirillum* sp.; azot fiksasyonu, fitohormon üretimi, fosfat çözünürlüğü ve siderofor üretimi ile tanınır. Laboratuvar ölçüğünden tarlaya kadar çok iyi çalışılmış bitki büyümesini destekleyen rizobakterilerden biridir. Başta buğday ve pirinç olmak üzere tüm dünya için ekonomik öneme sahip tahıllar ve bitkiler olmak üzere birçok ürün için ticari düzeyde biyogübre olarak kullanılabilir en güvenli bakteri olarak kabul edilir. Birçok çalışma, *Azospirillum* türlerinin bitkinin azot fiksasyonuna katkısının, bitkideki toplam azot artışının %5 ile %18 oranında değiştiğini göstermiştir. Bazı türlerinin yüksek tuz toleransı olduğu rapor edilmiştir (Mehnaz, 2014).

Azospirillum lipoferum ve *A. brasilense* toprakta, rizosferde ve bitkilerin kök korteksinin hücreler arası boşluklarında bulunur. *Azospirillum* sp. ile aşılamanın azot fiksasyonu dışında, büyümeyi destekleyen madde üretimi (IAA), hastalığa karşı direnç mekanizmalarını artırma ve kuraklığa karşı dayanıklılık sağlama gibi faydaları da vardır (Bashan ve de-Bashan 2010).

2.1.4. Siyanobakteriler (Mavi -Yeşil Alg) ve *Azolla* sp.

- Siyanobakteriler

Mavi-yeşil algler olarak da bilinen siyanobakteriler, oksijenli fotosentez gerçekleştirme yeteneği ile karakterize edilen prokaryotlardır. Siyanobakteriler okyanus alanları, ılıman topraklar, tatlı su gölleri ve hatta kurak çöller, soğuk göller veya kaplıcalar gibi geniş bir ekolojik dağılıma sahiptir. Farklı hücre tiplerine sahip, basit tek hücreli formlardan oluşan ve binary füzyon ile çoğalan canlılardır. Toprakta fosfat ve mineral çözünmesine yardımcı olarak biyolojik azot fiksasyonuna katkıda bulunurlar. Ayrıca bitki gelişimini teşvik için fitohormon, aminoasit, vitamin, protein, polisakkarit, karbonhidrat gibi maddeler salgılayarak toprak verimini artırır (Tablo 3). Birçok siyanobakteri atmosferik azotu sabitler ve büyük bir kısmı bunu aerobik koşullar altında yapar (Garcia-Pichel ve ark., 2003). Dünyadaki en yaygın azot sabitleyicileri olan siyanobakterilerin faaliyetleri neticesinde deniz ekosistemine önemli bir azot kaynağı sağlanmış olur. Ayrıca yağmur ormanlarından çöllere kadar olan karasal ortamlarda azotu sabitleyebilirler. Siyanobakteriler azot fiksasyonuna

katkı sunmanın yanı sıra toprağa organik madde bakımından zenginleştirme, oksin üretimi, vitamin salgılama, topraktaki çözünmez fosfatı çözme gibi olaylarla toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını iyileştirir. Siyanobakteriler, toprağa 30 kg N/ha'ya kadar katkıda bulunarak, ürün verimini %5-25 arasında artırırlar (Herrero ve ark., 2001). Biyokontrol ajanı olarak siyanobakterilerin birçok bitki patojeni fungusuna karşı antifungal aktivite gösterdiği bilinmektedir. *Sargassum* sp.'den elde edilen sulu ve sikloheksanik ekstraktların *Aspergillus* spp.'yi sırasıyla %37,0 ve %54,5 oranında misel büyümesi inhibe ettiği ayrıca sikloheksanik ekstraktının *Fusarium oxysporum* ve *Penicillium* spp.'nin büyümesini de azalttığı çalışmalarla gösterilmiştir (Khallil ve ark., 2015). Diğer taraftan *Sargassum latifolium* ve *Padina gymnospora*'dan elde edilen metanolik ekstrakt, *Fusarium solani* ve *Rhizoctonia solani* koloni büyümesini %84'e kadar inhibe ettiği bildirilmiştir (Ibraheem ve ark., 2017). Ayrıca yüksek seviyelerde metal/kirletici madde biriktirdikleri bilindiğinden siyanobakteriler ağır metaller, boyalar, pestisitler gibi çeşitli kimyasal kirleticilerin toksisitesini azaltmak için de kullanılır (Tablo 4).

Tablo 3. Siyanobakterilerin Bitki Büyümesi Üzerine Etkileri (Kollmen ve Strieth, 2022)

Bitki	Siyanobakteri	Etki	Kaynak
Pamuk	<i>Anabaena</i> sp., <i>Nostoc</i> sp	Tohumların çimlenme oranında artış Verim artışı Mevcut N-miktarında artış Biyokütle/bitkinin boyunda artış	Prasanna ve ark., 2016
Marul	<i>Nostoc muscorum</i>	Çimlenme oranında artış	Rogers ve ark., 1994
Mısır	<i>Anabaena</i> sp., <i>Anabaena doliolum</i> , <i>Nostoc carneum</i> , <i>Nostoc piscinale</i>	Bitki büyüme ve gelişimi Topraktaki C-/P-/N miktarında artış	Prasanna ve ark., 2016
Bezelye	<i>Anabaena laxa</i> , <i>Anabaena torulosa</i>	Verim artışı Bitki Protein içeriğinde artış Bitki Azot içeriğinde artış	Prasanna ve ark., 2017
Turp	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Nostoc muscorum</i>	Büyüme oranında artış	Rodgers ve ark., 1979
Pirinç	<i>Anabaena laxa</i> , <i>Anabaena azollae</i> , <i>Calothrix elenkinii</i> , <i>Calothrix</i> sp., <i>Nostoc carneum</i> , <i>Nostoc commune</i>	Büyüme oranı ve verim artışı Kök uzunluğu Bitki başına tohum miktarı Hidrolik ve savunma enzimlerinin aktivitesi	Priya ve ark., 2015 Mishra ve ark., 2004 Chittapun ve ark., 2018 Bidyarani ve ark., 2015
Ispanak	<i>Nostoc</i> sp.	Yaprak sayısında ve kök uzunluğunda artış	Salamah ve ark., 2019
Domates	<i>Anabaena laxa</i> , <i>Anabaena variabilis</i>	Azot, şeker ve karetenoid içeriğinde artış	Kaushik ve ark., 1979 Coppens ve ark., 2016
Buğday	<i>Anabaena</i> sp., <i>Anabaena</i> C5, <i>Chalothrix</i> sp., <i>Chalothrix ghosei</i> , <i>Hapalosiphon intricatus</i> , <i>Nostoc</i> sp., <i>Nostoc</i> PCC 9229, <i>Nostoc</i> 2S6B, <i>Nostoc</i> 2S9B	Verim ve toplam biyokütlede artış Tohumlarda, köklerde, sürgünlerde azot ve protein içeriğinde artış Bitki klorofil içeriğinde artış Kök uzunluğunda artış Oksin içeriğinde artış	Karthikeyan ve ark., 2007 Rana ve ark., 2012 Mazhar ve ark., 2013

Tablo 4. Bazı Siyanobakterilerinin Ağır Metal Remediasyonu (Singh, 2011)

Siyanobakteri	Toksik madde	Kaynak
<i>Spirulina platensis</i>	Cu, Pb, Zn, Ni, Cd ve Cr	Greene ve ark., 1987
<i>Nostoc calcicola</i>	Cu	Verma and Singh, 1990
<i>Microcystis</i> sp.	Ni, Cd	Rai ve ark., 1998
<i>Oscillatoria angustissima</i>	Cu, Pb, Zn, Ni, Cd ve Cr	Ahuja ve ark., 1999
<i>Microcystis aeruginosa</i> f. <i>flosaqua</i> strain C3-40	Cu, Pb, Zn, Ni, Cd ve Cr	Parker ve ark., 2000
<i>Synechococcus</i> sp	Cu, Pb, Ni ve Cd	Yee ve ark., 2004
<i>Limnothrix planctonica</i> , <i>Synechococcus leopoldiensis</i> and <i>Phormidium limnetica</i>	Hg	Lefebvre ve ark., 2007
<i>Nostoc calcicola</i> ve <i>Chroococcus</i> sp	Cr	Anjana ve ark., 2007
<i>Lyngbya</i> ve <i>Gloeocapsa</i>	Cr	Kiran ve ark., 2008

-Azolla sp.

Azolla, suda serbest yüzen ve atmosferik azotu mavi yeşil alg olan *Anabaena azollae* ile birlikte sabitleyen bir su eğrelti otudur. Azolla ile *Anabaena* arasında simbiyotik bir ilişki vardır. Ev sahibi azolla, anabaenaya karbon kaynağı sağlarken azot ihtiyacını siyanobakteriler tarafından sağlanan azot fiksasyonu ile gerçekleştirirler. Büyüme için ortamda yeterli fosfora ihtiyaç duyan Azolla oldukça hızlı büyür ancak 40°C'nin üzerindeki sıcaklıklara karşı oldukça hassastır (Sayyed, 2012). Diazotrofik bir simbiyont olan azolla sulak alan bitkisi pirinç için biyogübre olarak kullanılır ve pirinç mahsulü başına 40-60 kg N/ha katkıda bulunduğu bilinmektedir. Pirinç tarlasının tek başına *A. microphylla* ile aşılmasının pirinç verimini %6.22 oranında artırdığı bildirilmektedir. Azolla'nın biyogübre olarak toprağa katılmasıyla yapılan tarla denemelerinde çeltik veriminde %9-39 arasında verim artışı sağladığı belirlenmiştir. Azolla ayrıca toprağa organik madde takviyesi yapar ve böylece toprağın fizikokimyasal özelliklerini geliştirir. Yapılan saha deneyleri azolla uygulamasının yaklaşık %50 N gübre tasarrufu yapılabileceğini göstermiştir (Shelat, 2017). Arora ve Singh (2003) altı farklı azolla türünün (*A. lliculoides*, *A. mexicana*, *A. microphylla*, *A. pinnata*, *A. rubra* ve *A. caroliniana*) biyokütle birikimini ve azot fiksasyon potansiyelini analiz etmişler ve bunlar arasında en yüksek biyokütle üretimini ve nispi büyüme

oranını sırasıyla *Azolla microphylla* ve *Azolla caroliniana*'ya ait olduğunu tespit etmişlerdir. Bu suşların her ikisi de büyümenin 14. gününde yüksek azot fiksasyon aktivitesi sergiledikleri ve bu aktivitenin daha sonra giderek azaldığı tespit edilmiştir. *A. microphylla*'nın biyokütle ve azot fiksasyonu açısından diğer türlerden daha iyi performans sergilediği gösterilmiştir (Sayyed, 2012).

2.1.5. Fosfat Çözen Mikroorganizmalar (PSM)

Fosfor (P); fotosentez, biyolojik oksidasyon, besin alımı ve hücre bölünmesi gibi önemli metabolik süreçlerde yer alan, bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için gerekli bir makro besindir. Kök, gövde gelişimi, çiçek ve tohum oluşumu, mahsulün kalitesi, olgunluğu, baklagillerde N-fiksasyonu, bitki hastalıklarına karşı direnç mekanizmalarının geliştirilmesi fosfor beslenmesi ile yakından ilişkilidir. Dünya çapında tarımda mahsul üretimini artırmak için inorganik P içeren kimyasal gübreler kullanılır ancak bu kimyasal gübrelerin tekrar tekrar kullanılması toprak kalitesini bozar.

Fosfor bitkiler tarafından esas olarak monobazik (H_2PO_4) ve dibazik (HPO_4) şeklinde çözünür formlar şeklinde alınır. Bununla birlikte fosfor toprakta organik olarak veya çözünmeyen mineral kompleksleri biçimindeki inorganik bileşikler şeklinde de bulunur. Dolayısıyla çözünmez formlarda bulunduğu için bitkiler tarafından doğrudan kullanılamazlar. Mikroorganizmalar, toprakta organik fosforu mineralleştirerek ve çökelmiş fosfatları çözerek bitkiler için P kullanılabilirliğini artırır (Chen ve ark., 2006). Topraktaki tüm mikrobiyal popülasyonu içinde; fosfat çözücü bakteriler (PSB), %1 ile %50'sini oluştururken, fosfor çözücü mantarlar (PSF) P çözme potansiyelinde yalnızca %0.1 ile %0.5'lik paya sahiptir (Chen ve ark., 2006). Dolayısıyla bakteriler fosforun çözünmesinde mantarlardan daha etkilidir. Fosfat çözücü bakteriler, organik asitler ve sideroforlar üreterek $FePO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$ ve $AlPO_4$ gibi inorganik toprak fosfatlarını çözerler (Khan, 2009). Fosfat çözücü bakteriler (PSB) 1950'lerden itibaren biyogübre olarak kullanılmaktadır (Kudashv, 1956). Toprak bakterisi toplulukları arasında ektorizosferik cinsler olan *Pseudomonas* ve *Bacillus endosimbiyotik rhizobia* etkili fosfat çözücüler olarak tanımlanmıştır (Igual ve ark., 2001). *Penicillium* ve *Aspergillus* cinsleri ile birlikte *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium* ve *Enterobacter* bakterisi cinslerinden elde edilen suşlar en güçlü P çözücüleridir. *Bacillus megaterium*, *B. circulans*, *B. subtilis*, *B. polymyxa*, *B. sircalmous* ve

Pseudomonas striata en önemli türler olarak adlandırılabilir. Bir nematofungus *Arthrobotrys oligospora*'da fosfat kayalarını çözme yeteneğine sahiptir (Duponnois ve ark., 2006).

2.2. Fitohormon Üretimi

Bitki hormonları veya fitohormonlar bitkide büyüme ve gelişme için çok önemli bir rol oynar. Bitkilerin büyümeyi sınırlayan çevresel koşullarla karşılaştığında çevresel stresin neden olduğu olumsuz etkileri azaltmak için fitohormon seviyelerini ayarlamaya çalıştıkları gözlemlenmiştir (De Garcia Salamone ve ark., 2006). Rizosfer mikroorganizmalarının konukçu bitkilerde endojen fitohormon seviyesini değiştirerek konukçu bitkinin hormonal dengesini ve strese tepkisini önemli ölçüde etkileyebilirler (Glick, 2012).

Mikroorganizmaların oksin (indol asetik asit/IAA) sentezledikleri uzun süredir iyi bilinmektedir. Çeşitli bitkilerin rizosferinden izole edilen mikroorganizmaların yaklaşık %80'inin oksinleri ikincil metabolitler olarak sentezleme ve salma yeteneğine sahip olduğu bildirilmiştir (Ahemad ve Khan, 2011). IAA, savunma yanıtlarında olduğu gibi bitki büyümesinde ve gelişmesinde de çok önemli bir rol oynar. IAA'nın fonksiyonlarındaki bu çeşitlilik biyosentezinin oldukça karmaşık olması ve taşıma mekanizmalarında yer alan farklı sinyal yollarıyla açıklanmaktadır (Ljung, 2013). Genel olarak, IAA bitki hücre bölünmesini, uzamasını ve farklılaşmasını etkiler, tohum ve yumru çimlenmesini uyarır, ksilem ve kök gelişimini hızlandırır, vejetatif büyüme süreçlerini kontrol eder, yanal kök oluşumunu başlatır, ışığa, yerçekimi tepkilerine aracılık eder, fotosentezi ve pigment oluşumunu, çeşitli metabolitlerin biyosentezini ve stresli koşullara direnci sağlar. IAA; çoklu hücre bölünmesi ve vasküler demet oluşumu süreçlerinde yer aldığından, konukçu baklagil bitkilerinde artan IAA seviyesinin nodül oluşumu için gerekli olduğu bildirilmektedir. (Ahemad ve Khan, 2012). Bakteriyel IAA, kök yüzey alanını ve kök uzunluğunu artırır. Bu durum bitkinin toprak besinlerine daha fazla ve kolay erişmesini sağlar. Ayrıca rizobakteriyel IAA, bitki hücre duvarlarını gevşeterek bakterilerin büyümesini destekleyen kök eksüdasyonunun artmasını kolaylaştırır. Bu nedenle rizobakteriyel IAA hem patogeneze hem de fitostimülasyonda bitki-mikroorganizma etkileşiminde anahtar rol oynayan bir molekül olarak tanımlanır (Ahemad ve Khan, 2012).

IAA sentezinin seviyesini değiştiren önemli bir amino asit triptofandır. Triptofan, IAA'nın ana habercisi olarak tanımlanmıştır ve IAA biyosentezi seviyesinin modüle edilmesinde önemli bir rol oynar (Davies, 2010). Triptofan kullanılarak IAA'nın sentezi için en az beş farklı yol bildirilmiştir ve bunların çoğu bitkilerde tarif edilen yollarla benzerliklere sahiptir. İlk yol, indol-3-pirüvik asit ve indol-3-asetik aldehit yoluyla IAA oluşumudur. Bu yol, *Rhizobium* sp., *Azospirillum* sp., *Erwinia herbicola*, *Klebsiella* sp. vb. bakterilerin çoğunda bulunur. İkinci yol, triptofanın indol-3-asetik aldehite dönüştürülmesidir. Bu yol *Pseudomonas* sp., *Azospirillum* sp.'de bulunur. Üçüncü yol, IAA'nın indol 3 asetamid yoluyla biyosentezini ortaya koymaktadır. Bu yol, *Agrobacterium tumefaciens*, *Pseudomonas syringae* vb. fitopatojenik bakterilerde bulunur. Dördüncü yol, triptofanın indol-3-asetonitrile dönüştürülmesi yoluyla IAA'nın biyosentezidir. Bu yol siyanobakterilerde bulunur. Son yol ise bitkilerde, siyanobakteriler ve *Azospirilla*'da daha yaygın olarak bulunan triptofandan bağımsız yol ile IAA'nın biyosentezidir (Glick, 2012).

3. Dolaylı Mekanizmalar

Bitki patojenlerinin çoğalmasını önlemek için bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin (PGPB) en yaygın kullandığı yol farklı tür antibiyotikler sentezlemektir. Bu antibiyotiklerin bazıları kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve ticarileştirilmiştir. Ticarileştirilen rizobakteriyel ürünlerin çoğu bitki beslenmesini artırmak veya abiyotik stresleri azaltmak yerine bitki hastalıklarıyla mücadelede biyoasılmalı görevi görür (Hermosa ve ark., 2012). *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* ve *Sclerotium* cinslerinin neden olduğu hastalıklara karşı bitki gelişimini teşvik eden *T. harzianum*, *P. fluorescens* ve *B. subtilis* içeren biyogübrelerin kullanıldığına dair birçok çalışma bildirilmiştir. Ayrıca bazı rhizobacteria ve bitki kökleri arasındaki etkileşime bağlı olarak patojenik mantar, bakteri ve virüslerin bitkiye zarar vermesinin önlenebileceği bildirilmiştir (Glick, 2012). ISR (indüklenmiş sistemik direnç) olarak bilinen bu yol direnç indükleyen PGPB ile patojen arasında doğrudan bir etkileşimi gerektirmez ve belirli patojenleri hedef almaz. Dolayısıyla farklı patojenlerin neden olduğu hastalıkları kontrol etmede etkilidir. Bitki içinde jasmonat ve etilen hormonlarının sinyalini içeren ISR, konakçı bitkinin bir dizi patojene karşı savunma tepkilerini uyarır. Ayrıca lipopolisakaritler (LPS), kamçı gibi

bazı bakteri bileşenleri, sideroforlar, siklik lipopeptidler, 2,4-diasetilfloroglusinol, homoserin laktonlar, 2,3-butandiol gibi uçucu bileşikler ve asetonin gibi bazı maddeler indüklenmiş sistematik direnci tetikleyebilir (Verhagen ve ark., 2004).

Bazı biyokontrol bakterileri; *Botrytis cinerea*, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia solani*, *Pythium ultimum* vb. birçok patojenik mantarın hücre duvarının parçalayabilen ve böylece mantarları öldüren kitinazlar, selülozlar; β -1,3-glukonazlar, proteazlar, lipazlar gibi farklı türde enzimler üretirler (Maksimov ve ark., 2011). Bazı PGPB suşları, siderofor üretimi yoluyla biyokontrol ajanı olarak işlev görür. Bu sayede PGPB tarafından üretilen sideroforlar patojenlerin yeterli miktarda demir elde etmesini engelleyerek onların büyüme ve çoğalmasını önlerler (Bashan ve de Bashan, 2010). PGPB tarafından üretilen sideroforların demire olan ilgisi patojenlerinkinden daha fazladır. Bu nedenle patojenlerin kullanması için ortamda buluna demir kısıtlanmış olur ve böylece rizosferde patojenler çoğalamaz hale gelirler (Glick, 2012). Bitki hücreleri enfekte olduğunda bitkide etilen seviyesi artar. Bitkiler etilen sentezleyerek mantar fitopatojenik enfeksiyonu gibi çeşitli farklı streslere tepki verirler. Biyotik (patojen) ve abiyotik stres altında (ağır metaller, kuraklık, tuzluluk,) artan etilen seviyesi bitki büyümesini olumsuz etkiler.

ACC deaminaz enzimine sahip toprak bakterilerinin (*Bacillus* sp., *Rhizobium* sp., *Achromobacter* sp., *Agrobacterium* sp., *Alcaligenes* sp., *Azospirillum* sp., *Pseudomonas* sp. ve *Acinetobacter* sp.) sentezlediği bu enzim bitkinin ürettiği ACC'yi parçalayarak bitkideki etilen seviyesini düşürür. Etilen seviyesinin azalması bitkinin çok çeşitli çevresel streslere karşı daha dirençli olmasına olanak verir. Dolayısıyla fitopatojen enfeksiyonunun konukçu bitkilere verdiği zararı azaltmanın bir yolu da etilen tepkisini azaltmaktır. Bu nedenle etilen seviyesini düşürmenin en basit yolu, bitkileri (genellikle kök veya tohumları) ACC deaminaz geni içeren PGPB ile muamele etmektir (Glick, 2014).

4. Mikorizal Mantarları

Doğada yaygın olarak bulunan mikorizal mantarlar ile bitki kökleri arasında simbiyotik ilişki vardır. Çoğu bitki kökü mikorizal mantarlar tarafından kolonize edilir ve bunların varlığı da genellikle bitki büyümesini

uyarır. Bir endomikoriza olan arbusküler mikoriza, arbuskülleri sayesinde dışarıdan sağladığı besin elementlerini bitki dokularına aktarır. Arbusküler mikoriza (AM) mantarları ve bakterileri bitkilerin besin alımını kolaylaştırmakla kalmaz aynı zamanda fungal bitki patojenlerinin inhibisyonunu da sağlayarak biyokontrol ajanı olarak iş görürler. Hem ektomikorizal hem de endomikorizal mantarlar, farklı bakteri türleriyle etkileşime girebilir. Bu etkileşimler kökleri ve mantar hiflerini çevreleyen toprak bölgesinde meydana gelir ve yaygın olarak "mikorizosfer" olarak anılır. Arbusküler mikoriza (AM) mantarı bitkinin besin elementi döngüsünün ön önemli kısmını oluşturmaktadır. Bitkilerin büyümesi ve ortamdaki besin elementlerinden yararlanmaları mikorizanın bitki kökleri ile infeksiyonuna bağlıdır. Havuç, soğan, elma, çilek gibi bazı bitkiler mikorizalara çok bağımlı iken; bezelye, fasulye, bakla, kuşüzümü, biber, domates ve patates gibi bitkiler daha az bağımlıdır (Fitter ve ark., 2011).

Toprakta az miktarda bulunan fosfor gibi minerallerin alınmasını sağlayan mikorizalar çok ince hif yapıları nedeniyle bitki kök yüzey alanını genişleterek toprak çözeltilerinde bulunan su ve besin elementlerinin alımını artırır. Böylece bitki büyümesine destek olurlar. Ayrıca bitki köklerini patojenlere karşı ve tuzluluk- ağır metal toksisitesi gibi abiyotik çevresel faktörlere karşı bitkiyi korurlar (Tablo 5). Örneğin Menge ve ark., (1978) yaptıkları bir çalışmada mikoriza aşılmasının turunç bitkisinin Mg, Ca ve Na içeriğinin mikorizasız bitkiye göre sırası ile % 41, % 36 ve % 150 oranında daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Aynı şekilde mikoriza ile inoküle edilen domates bitkisinin *Fusarium oxysporum*'a karşı direncinin arttığı belirlenmiştir (Rodriguez-Galvez, 1995).

Tablo 5. AMF Tarafından Kontrol Edilen Toprak Kaynaklı Mantar Hastalıkları (Gosling, 2006)

Patojen	Hastalık	Bitki	Kaynak
<i>Sclerotium cepivorum</i>	Beyaz çürüklük	Onions (<i>Allium cepa</i>)	Barraga'n ve ark., 1996
<i>Fusarium oxysporum</i>	Fusarium kök çürüklüğü	Asparagus (<i>Asparagus officinalis</i>) French bean (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Matsubara ve ark., 2000 Dar ve ark., 1997
<i>Verticillium dahliae</i>	Verticillium solgunluğu	Tomatoes (<i>Lycopersicon esculentum</i>), Aubergines (<i>Solanum melongena</i>)	Karagiannidis ve ark., 2002 Matsubara ve ark., 2001
<i>Helicobasidium mompa</i>	Elma kök çürüklüğü	Asparagus	Kasiamdari ve ark., 2002
<i>Rhizoctonia solani</i>	Kök ve gövde çürükleri	Mung bean (<i>Vigna radiate</i>)	Kjøller ve Rosendahl, 1996
<i>Aphanomyces euteiches</i>	Kök çürüklüğü	Pea (<i>Pisium sativum</i>)	Bødker ve ark., 2002

5. Biyogübrelerin Fotosentezdeki Rolü

Bitki biyokütlesinin neredeyse %90'ı fotosentez yoluyla CO₂ asimilasyonuna bağlı olduğu için fotosentez hızının yüksek olması bitkinin daha iyi büyüüp gelişmesine neden olur. Bitkilere *R. leguminosarum*, *Rhizobium* sp. IRBG 74 ve *Bradyrhizobium* sp. IRBG 271 gibi biyogübrelerin aşılmasının fotosentez oranını %14 oranında artırdığı bildirilmiştir (Peng ve ark., 2002).

Bazı rhizobia suş aşılmasının pirinç bitkisinde yaprak yüzey alanını, stoma etkinliğini, su kullanım etkinliğini ve bitkinin fotosentetik kapasitesini önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir (Mia ve Shamsuddin, 2010). Bununla birlikte *Pseudomonas* sp., *Bacillus lentus* ve *A. brasilense* şeklindeki üç bakteriyel biyogübre kombinasyonunun, stres altındaki yapraklarda klorofil içeriğinin yanı sıra antioksidan enzimlerin ekspresyonunu artırdığı bildirilmiştir. Dolayısıyla biyogübreler, bitkinin stresli koşullarda bile fotosentetik aktivitesini artırarak bitki büyüme ve gelişmesini hızlandırmaktadır (Heidari ve Golpayegani, 2012).

6. Biyogübrelerin Aminoasit Sentezine Etkisi

Rizosfer olarak adlandırılan kök sistemine komşu toprak bölgesinde kolonileşme yeteneğine sahip bir grup rizosfer bakterisi olan rhizobakteriler yer alır. Bitki kökleri mekanik destek sağlamanın ve su ve besin alımını kolaylaştırmanın yanı sıra, amino asitler de dahil olmak üzere çok çeşitli bileşikler sentezler ve salgılar (Walker ve ark., 2003). Kökler tarafından toprağa salgılanan kimyasallara genel olarak “kök eksüdalari” denir. Bitki köklerinden salgılanan bu kimyasal bileşikler, çok sayıda heterojen yapıdaki çeşitli mikrobiyal toplulukları cezbeder. Ayrıca toprağın fizikokimyasal özelliklerini değiştirerek kök yüzeyinin çevresindeki toprak mikrobiyal topluluğunun yapısını önemli ölçüde düzenler. Bu nedenle, bitki tarafından salgılanan kök salgılarındaki farklı amino asitlerin içeriği bitki türlerine ve bitki ile ilişkili mikroorganizmalara bağlıdır. Dolayısıyla PGPR mikrobiyal popülasyonundaki değişikliklerle birlikte, bitkiden salgılanan amino asitlerin türü de önemli ölçüde değişkenlik gösterir (Bulgarelli ve ark., 2013).

7. Biyogübrelerin Ağır Metal Remediasyonuna Etkisi

Metaller toprakların doğal bir parçasıdır ve birçok metal mikro besinler olarak bitki büyümesi için gereklidir. Ancak yaygın tarımsal faaliyetler ve sanayileşmedeki hızlı artış sonucunda ağır metaller, toksik atıklar, organik kirleticiler gibi kirleticilerin doğaya salınmasıyla birçok çevre sorununa yol açmıştır. Ağır metaller, suda çözünebilir ve bozunmama özelliklerinden dolayı toprak biyosferinde biriken başlıca inorganik kirleticilerden biridir. Metaller bitkiler tarafından mikro besinler olarak gerekli olmasına rağmen, ağır metallerin toprakta aşırı birikimi bitkilerin çoğunluğu için zararlıdır (Akhtar ve ark., 2013). Ağır metal iyonları çevrede yüksek seviyelerde bulunduğu bitki kökleri tarafından hızla emilerek sürgünlere ve yapraklara geçer bu ise bitki metabolizmasının bozulmasına, büyümenin azalmasına ve hatta bitki ölümüne yol açar. Ayrıca topraktaki yüksek ağır metal konsantrasyonları toprak verimliliğini azaltır ve mikrobiyal topluluğu da etkiler. Ağır metallerin topraktan ıslahı zordur çünkü biyolojik olarak bozunmayıp sadece oksidasyonla değiştirilerek detoksifiye edilebilir. Ağır metallerin çoğu oksitlenmiş formda toksik iken indirgenmiş formda daha az toksiktir (Wuana ve Okieimen, 2011). Metal kirleticileri uzaklaştırmak için kimyasal, fiziksel ve biyolojik dahil olmak üzere birçok yöntem uygulanırsa da pahalı ve toprak fizyokimyasal özelliklerine

zarar verdikleri için pek tercih edilmemektedir. Kullanımının kolay, uygun maliyetli olması ve çevreye zarar vermemesi bakımından biyoremediasyon en iyi uzaklaştırma stratejisi olarak öne çıkmaktadır (Lim ve ark., 2014).

PGPR'ların metal toksisitesinin biyoremediasyonundaki rolü birçok kez incelenmiş ve çok çeşitli mikroorganizmaların ağır metal toksisitesi işahında önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir (Dixit ve ark., 2015). Bu grup PGPR bakterileri arasında; *Achromobacter xylosoxidans*, *A. chroococcum*, *B. subtilis*, *B. megaterium*, *Bradyrhizobium* sp., *Pseudomonas* sp., *Brevibacillus* sp., *Kluyvera ascorbata*, *Mesorhizobium* sp., *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Ralstonia metallidurans*, *Rhizobium* sp., *Sinorhizobium* sp., *Variovox paradoxus*, *Ochrobacterium* sp., *Psycrobacter* sp. ve *Xanthomonas* sp. yer alır. Ağır metal toksisitesinin bitkilerde stres oluşturduğu ve bunun sonucunda etilen hormonunun seviyesinin yükselmesine yol açtığı ve bunun da bitki gelişimini engellediği bilinen bir gerçektir. PGPR tarafından uygulanan çeşitli savunma mekanizmaları arasında ilk göze çarpan ACC(1-aminosiklopropan-1-karboksilat) üretimidir. ACC deaminaz bitkilerde etilen hormon seviyesini azaltan hormondur (Singh ve ark., 2015). Bu nedenle, PGPR tarafından ACC deaminaz üretimi, ağır metal toksisitesinin neden olduğu stres tepkisiyle mücadele etmek için konukçu bitkiye karşı etkili bir savunma sağlar. PGPR'nin metal toksisitesini azaltmak için uyguladığı bir diğer etkili mekanizma mikrobiyal sideroforların üretilmesidir. Sideroforlar; Cd, Cu, Cr, Pb, Zn gibi toksik metallerle kararlı kompleksler oluşturarak bitkiler üzerindeki stresi azaltmaya yardımcı olur. Ayrıca PGPR, ağır metallerin mikrobiyal hücreler üzerinde metabolizmaya bağlı veya metabolizmadan bağımsız yöntemlerle biyosorpsiyon işlemi yoluyla metal toksisitesinin azaltılmasını da kolaylaştırabilir (Dary ve ark., 2010).

8. Biyogübrelerin Pestisit Remediasyonundaki Rolü

Bitki hastalıklarını kontrol etmek veya inhibe etmek için böcek öldürücüler, fungusitler, herbisitler ve nematisitler kullanılır. Ancak aşırı ve ısrarlı pestisit kullanımı çevreye zararlı hale gelmekte ve canlı organizmaların dokularına kolayca girerek biyoakümülyasyona yol açabildiği için insanoğlunun yanı sıra bitkiler aleminde de potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır. Dolayısıyla pestisit kalıntılarının çevreden uzaklaştırılmasına yönelik biyoremediasyon

yöntemlerinin çevre dostu ve uygun maliyetli olması nedeniyle büyük ilgi görmüştür (Nawaz ve ark., 2011).

PGPR'larla tarım, bahçecilik, ormancılık ve çevresel koruma ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmış ve özellikle pestisit biyoremediasyonundaki rolüyle ilgili çalışmalar büyük ilgi kaynağı olmuştur. Ayrıca günümüzde pestisitleri parçalayan bakteri türleri ile ilgili araştırmalar, pestisitlerin zararlı etkileriyle mücadele etmek için umut verici bir seçenek olarak ortaya çıkmaktadır. *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., *Bacillus* sp., *Enterobacter* sp., *Gordonia* sp., *Klebsiella* sp., *Paenibacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Serratia* sp. gibi mikroorganizmaların pestisit toksisitesini azaltma yeteneğine sahip olduğu bildirilmiştir (Shaheen ve Sundari, 2013). Bu suşların yanı sıra Actinomycetes cinsine ait türler pestisitlerin biyotransformasyonu ve biyodegradasyonu için önemli bir potansiyele sahiptir. Pestisit parçalanması için önemli mekanizma mikroorganizmalar tarafından salınan enzimlerce yapılan enzimatik bozunmadır. Birçok pestisit bozunmasında hidrolazlar, esterazlar ve karma işlevli oksidazlar (MFO) ve glutatyon s transferazlar (GST) sistemi yer alır. Ayrıca pestisitlerin neden olduğu toksisiteyi azaltan bazı enzimlerin hidroliz, oksidasyon, amino grubuna bir nitro grubuna eklenmesi, dehalojenasyon, nitro grubunun amino grubuna indirgenmesi, sülfürün bir oksijen ile değiştirilmesi, halka bölünmesi ve yan zincirlerin metabolizmaları dahil olmak üzere çok çeşitli reaksiyonları katalize ettikleri bildirilmiştir (Ramakrishnan ve ark., 2011). Sonuç olarak, çok sayıda araştırmaya dayanarak PGPR'ın topraktaki pestisit kontaminasyonunu sürdürülebilir bir şekilde azaltmak için umut verici bir yaklaşım olduğu sonucuna varılabilir.

9. Biyogübrelerin Ekosisteme Etkisi

Biyogübreler tarımda yaygın olarak kullanılmasına rağmen kolonizasyonları ve ekolojileri hakkındaki bilgiler yetersizdir. Ayrıca bitki ve mikrobiyal topluluk arasındaki etkileşimlerinin ardındaki mekanizma hala insanlar arasında bir merak konusudur. Biyogübrenin doğal sistemdeki etkinliğini belirleyen en önemli faktörlerden biri rizosferde yerli mikrofloranın varlığıdır. Rizosferdeki çeşitli türlere sahip rekabetçi mikrobiyal topluluk biyogübrenin hayatta kalmasını ve bitki büyümesini teşvik edici özelliklerini etkileyebilir. Bununla birlikte, tohum ve fidelerin mikrobiyal aşılınması veya toprak ıslahı yerel mikroflora üzerinde değişiklikler ortaya çıkarabilir.

Dolayısıyla mikrobiyal biyogübrenin organizmalar üzerine, biyojeokimyasal döngüler üzerine ve toprak dokusu üzerindeki etkisi dikkate alınmalıdır (Pereg ve McMillan, 2015). Bu nedenle biyogübreyi tarımsal uygulamalarda kullanmadan önce yerleşik mikroflora popülasyonu ve dolayısıyla ekosistem üzerindeki hedef dışı etkilerini tahmin etmek çok önemlidir ve biyogübrelerin etkilerinin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi kesinlikle gereklidir.

Biyogübrelerin toprak rizosferi ve besin ağı üzerindeki etkileri belli bir dereceye kadar incelenmiştir. Bununla birlikte biyogübrelerle rekabet sırasında yerli mikrofloradaki hangi türlerin seçildiği ve bunlardan hangilerinin konukçu ve yerleşik mikrobiyal topluluk için yararlı veya zararlı olduğu soruları hala cevapsız ve keşfedilmeyi beklemektedir. Biyogübrelerin yerleşim yerlerine verilmesinin etkisinin toprak özellikleri, biyogübrelerin uygulama şekli, farklı çevre koşulları vb. gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğu bildirilmektedir (Dey ve ark., 2012). Ancak bugüne kadar biyoaşılayıcıların etkinliği ve risk faktörleri hakkında çok az sayıda çalışma yapılmıştır. Bu nedenle biyoaşılayıcıları ticari amaçlar için "güvenli" olarak belirlenmesinden önce biyogübrelerin hedef olmayan organizmalar üzerindeki uzun süreli etkisini incelemek için daha kapsamlı çalışmaların ve yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak; biyogübrelerin ekosisteme girmeden önce risk değerlendirme çalışmaları yapılarak özgül yöntemlerin geleneksel tekniklerle birlikte uygulanmasının gerektiği değerlendirilmektedir (Sharma ve ark., 2012).

10. Biyogübre Formülasyonları

Biyogübreler, toprak verimliliğini artırmak için tasarlanmış canlı bir durumda yaşayan mikrobiyal hücrelerdir. Biyogübrelerin formülasyon süreci depolama süresince hücreleri koruyan belirli katkı maddeleri ile birden fazla suşun bir araya geldiği çok aşamalı işlemlerle gerçekleştirilir. Formülasyonlar biyogübre hazırlanmasında çok önemli bir rol oynar. Çalışmalar iyi bir formülasyonun topraktaki sayılarını artırmakla kalmayıp aynı zamanda konukçu bitkilere aşılama sonra aktivitelerini daha yüksek bir oranda artırdığını ortaya koymuştur. Biyogübrelerin geliştirilmiş formülasyonları, daha etkili, kararlı, kaliteli ve çiftçilerin ihtiyaçlarını karşılayan yeni biyogübrelerin oluşturulması ve ticarileştirilmesi için gereklidir (Arora ve ark., 2010). İyi bir formülasyonun istenen özelliklerinden bazıları şunlardır:

- Besin maddelerinin eklenmesine izin vermeli, kolayca ayarlanabilen pH'a sahip olmalı ve fiyatı makul bir ham maddeden oluşmalıdır.
- Çevre dostu olmalıdır: toksik, kirletici olmamalı ve biyolojik olarak parçalanabilir olmalıdır.
- Toprağa hızlı ve kontrollü bakteri salınımına izin vermelidir ve standart tohumlama makineleri ile uygulanabilir olmalıdır.
- Yeterli raf ömrüne sahip olmalı ve zorlu koşullar altında metabolik olarak canlı kalmalıdır.

Şimdiye kadar yaygın olarak kullanılan dört ana formülasyon türü (turba, sıvı, granüller ve dondurularak kurutulmuş tozlar) bulunur. Bunlardan turba formülasyonu yıllar boyunca biriken kısmen çürümüş bitki parçalarından oluşur. Çok çeşitli mikroorganizmaların büyümesi için besin açısından zengin ve koruyucu bir ortam sağlar (Bashan ve ark., 2014). Turba formülasyonunun başlıca arzu edilen nitelikleri şunlardır: turba toksik olmamalıdır, yüksek oranda emici ve kolay sterilize edilebilir olmalı, yüksek organik madde içeriğine ve su tutma kapasitesine sahip, makul bir maliyetle kolayca temin edilebilir olmalıdır. Turba, hücre büyümesini ve hayatta kalmasını destekleme kapasiteleri farklı olan değişik kaynaklardan oluşan tanımsız ve karmaşık bir malzemedir (Malusa ve ark., 2012). Sıvı formülasyonlar sıvı mineral, organik yağlar ile polimer bazlı süspansiyonlar içerir. Sıvı biyogübreler, tohumlarda veya toprakta kolay kullanım ve uygulanması nedeniyle popülerlik kazanmıştır. Sıvı formülasyonlar katı taşıyıcı bazlı biyogübrelerin aksine yeterli miktarda besin içermekle birlikte performansı artırmak için hücre koruyucular da içerir. Ayrıca turba bazlı formülasyonlara kıyasla kontaminasyona sahip olmadıkları, daha uzun raf ömrüne sahip oldukları, çevresel streslere karşı daha fazla koruma sağladıkları bildirilmiştir. Ayrıca taşıyıcı olarak turba taşıma kapasitesinden yoksun olan küçük ölçekli biyogübre üreticileri için tercih edilirler. Sıvı biyogübrelerde taşıyıcı kullanılmadığı için tohum üzerindeki canlılığını hızla kaybeder. Ancak sukroz, gliserol ve arap zımkı gibi diğer bazı bileşenlerin eklenmesi mikroorganizmaların sıvı durumda hayatta kalmalarını iyileştirebilir (John ve ark., 2011).

Diğer bir formülasyon olan granül formülasyonu, hedef mikroorganizmalarla kaplanarak bir yapıştırıcı ile ıslatılmış ve toz tipi aşılarda karıştırılmış kalsit veya silis tanelerinden yapılır. Granüllerin boyutu değişir ancak ana kültür popülasyon yoğunluğu ile nihai ürün kalitesi arasındaki

doğrudan bir ilişki vardır. Ana kültür ne kadar iyiyse, nihai ürün de o kadar iyi olur. Kullanımları daha kolay olması yerleştirme ve uygulama sonuçlarının kolayca kontrol edilebilir olması granüllerin turbaya göre avantaj sağlar. Ayrıca granül biyogübreler, yanal-kök etkileşimlerini kolaylaştırmak için tohumun hemen yakınına konulduğu için mikroorganizmalar için toksik olan kimyasallar veya böcek ilaçları ile doğrudan temas halinde değildir (Bashan ve ark., 2014). Bununla birlikte granül biyogübrelerin nakliye ve depolanmasının maliyetli olması gibi bazı dezavantajları da vardır.

11. Biyogübrelerin Geleceği

Tarımsal uygulamada ayrılmaz bir bileşen olarak çeşitli biyogübrelerin kullanılması günümüzde yeni ortaya çıkan alandır. Biyogübreler dünyada çeşitli ülkelerde başarıyla kullanılmaktadır ve zamanla kullanımlarının yaygınlaşması beklenilmektedir. Bu nedenle gelecekte biyogübrelerin yaygın kullanımının tarım alanlarının gelişimi için çeşitli güçlü stratejiler sunacağı bir gerçektir. Bununla birlikte, biyogübrelerin daha yaygın kullanımı birkaç konuyu daha fazla dikkatle ele almamızı gerektirmektedir (Gamalero ve ark., 2008).

1. Çeşitli mahsuller için etkili ve rekabetçi çok işlevli biyogübreler seçilmelidir.
2. Laboratuvar ve sera deneylerinden büyük ölçekli ticari kullanıma kadar biyogübrelerin depolanması, nakliyesi, formülasyonu ve uygulanması için bir dizi gelişmiş yeni yaklaşımlar gerekmektedir.
3. Kimyasal gübre kullanmak yerine biyogübre kullanmanın uzun vadeli faydaları konusunda insanlar ve çiftçiler eğitilmelidir. Kimyasal gübrelerin uzun süreli kullanımının olumsuz ve yaşamı tehdit edici etkileri konusunda farkındalık oluşturulmalı, bakterilerin yalnızca hastalık yaptıklarına dair yanlış kanı düzeltilmelidir.
4. Başlangıçtaki biyogübreler, belirli etkin özellikler için seçilmiş bakteri suşları olsa da bitki büyümesini uyarmada daha etkili olan genetiği değiştirilmiş suşların etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bununla birlikte, bilim insanlarının, genetiğiyle oynanmış suşların herhangi bir yeni tehlike veya risk oluşturmadığı hem halka hem de tarım dünyasına bildirilmesi gerekmektedir.

5. Bitki-mikroorganizma birlikteliğindeki aşıluyıcılar ve bunların sahadaki uygulamaları ile faydalarını araştırmak için bir kalite kontrol sistemi bulunmalıdır. Bunun için “Biyogübre Yasası” ile kalite kontrolü için katı düzenlemeler yapılmalıdır.
6. Biyogübrelerin stresli koşullar altında toprak ortamındaki mikrobiyal dirençliliğı incelenmelidir. Farklı tarımsal üretimler için biyogübrelerin toprak ve ekonomik değeriendirilmesi yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Ahemad, M. ve Khan, M.S. (2011). Assessment of plant growth promoting activities of rhizobacterium *Pseudomonas putida* under insecticide-stress. *Microbiol. J.*, 1(2), 54-64.
- Ahemad, M. ve Khan, M.S. (2012). Effects of pesticides on plant growth promoting traits of Mesorhizobium strain MRC4. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 11(1), 63-71.
- Ahemad, M. ve Khan, M.S. (2012). Ecological assessment of biotoxicity of pesticides towards plant growthpromoting activities of pea (*Pisum sativum*)-specific *Rhizobium* sp. strain mrp1. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 334-343.
- Ahemad, M. ve Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *Journal of King Saud University-Science*, 26(1), 1-20.
- Akhtar, M.S., Chali, B. ve Azam, T. (2013). Bioremediation of arsenic and lead by plants and microbes from contaminated soil. *Res. Plant Sci.*, 1(3), 68-73.
- Arora, A. ve Singh, P.K. (2003). Comparison of biomass productivity and nitrogen fixing potential of *Azolla* spp. *Biomass and Bioenergy*, 24(3), 175-178.
- Arora, N.K., Khare, E. ve Maheshwari, D.K. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria: constraints in bioformulation, commercialization, and future strategies. *Plant Growth And Health Promoting Bacteria*, 97-116.
- Aydinalp, C. ve Cresser, M.S. (2008). The effects of global climate change on agriculture. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 3(5), 672-676.
- Bashan, Y. ve De-Bashan, L.E. (2010). How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth—a critical assessment. *Advances in Agronomy*, 108, 77-136.
- Bashan, Y., de-Bashan, L.E., Prabhu, S.R. ve Hernandez, J.P. (2014). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and Soil*, 378, 1-33.

- Bulgarelli, D., Schlaeppli, K., Spaepen, S., Van Themaat, E.V.L. ve Schulze-Lefert, P. (2013). Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. *Annual Review of Plant Biology*, 64, 807-838.
- Chen, Y.P., Rekha, P.D., Arun, A.B., Shen, F.T., Lai, W.A. ve Young, C.C. (2006). Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology*, 34(1), 33-41.
- Dary, M., Chamber-Pérez, M.A., Palomares, A.J. ve Pajuelo, E. (2010). "In situ" phytostabilisation of heavy metal polluted soils using *Lupinus luteus* inoculated with metal resistant plant-growth promoting rhizobacteria. *Journal of Hazardous Materials*, 177(1-3), 323-330.
- Davies, P.J. (2010). The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. *Springer Netherlands*. 1-15.
- De Garcia Salamone, I.E., Hynes, R.K. ve Nelson, L.M. (2006). Role of cytokinins in plant growth promotion by rhizosphere bacteria. *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*, 173-195.
- Dey, R., Pal, K.K., Bhatt, D.M. ve Chauhan, S.M. (2004). Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*, 159(4), 371-394.
- Dey, R., Pal, K.K. ve Tilak, K.V.B.R. (2012). Influence of soil and plant types on diversity of rhizobacteria. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 82, 341-352.
- Dixit, R., Malaviya, D., Pandiyan, K., Singh, U.B., Sahu, A., Shukla, R. ve Paul, D. (2015). Bioremediation of heavy metals from soil and aquatic environment: an overview of principles and criteria of fundamental processes. *Sustainability*, 7(2), 2189-2212.
- Duponnois, R., Kisa, M. ve Plenchette, C. (2006). Phosphate-solubilizing potential of the nematophagous fungus *Arthrobotrys oligospora*. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 169(2), 280-282.
- Elijah, O., Rahman, T.A., Orikumhi, I., Leow, C.Y. ve Hindia, M.N. (2018). An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges. *IEEE Internet of things Journal*, 5(5), 3758-3773.

- Fitter, A.H., Helgason, T. ve Hodge, A. (2011). Nutritional exchanges in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: implications for sustainable agriculture. *Fungal Biology Reviews*, 25(1), 68-72.
- Friha, O., Ferrag, M. A., Shu, L., Maglaras, L. ve Wang, X. (2021). Internet of things for the future of smart agriculture: A comprehensive survey of emerging technologies. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 8(4), 718-752.
- Gamalero, E., Berta, G., Massa, N., Glick, B. R. ve Lingua, G. (2008). Synergistic interactions between the ACC deaminase-producing bacterium *Pseudomonas putida* UW4 and the AM fungus *Gigaspora rosea* positively affect cucumber plant growth. *FEMS Microbiology Ecology*, 64(3), 459-467.
- Garbaye, J. (1994). Tansley review no. 76 helper bacteria: a new dimension to the mycorrhizal symbiosis. *New Phytologist*, 128(2), 197-210.
- Garcia-Pichel, F., Belna, J. ve Sus, A. (1995). Estimates of global cyanobacterial biomass. *Archiv Für Hydrobiologie: Monographische Beiträge*, 148, 213.
- Glick, B.R. (1995). The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Canadian journal of microbiology*, 41(2), 109-117.
- Glick, B.R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica*, 12-20.
- Glick, B.R. (2014). Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. *Microbiological research*, 169(1), 30-39.
- Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., Bending, G.D. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113(1-4), 17-35.
- Gurdeep, K.A.U.R. ve Reddy, M.S. (2015). Effects of phosphate-solubilizing bacteria, rock phosphate and chemical fertilizers on maize-wheat cropping cycle and economics. *Pedosphere*, 25(3), 428-437.
- Heidari, M. ve Golpayegani, A. (2012). Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 11(1), 57-61.

- Helfrich, L.A., Weigmann, D.L., Hipkins, P.A. ve Stinson, E.R. (2009). Pesticides and aquatic animals: a guide to reducing impacts on aquatic systems.
- Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I. ve Monte, E. (2012). Plant-beneficial effects of trichoderma and of its genes. *Microbiology*, 158(1), 17-25.
- Herrero, A., Muro-Pastor, A.M. ve Flores, E. (2001). Nitrogen control in cyanobacteria. *Journal of Bacteriology*, 183(2), 411-425.
- Hicks, S.D., Wang, M., Fry, K., Doraiswamy, V. ve Wohlford, E.M. (2017). Neurodevelopmental delay diagnosis rates are increased in a region with aerial pesticide application. *Frontiers in Pediatrics*, 5, 116.
- Ibraheem, B.M.I., Hamed, S.M., Abd Elrhman, A.A., Farag, M.F. ve Abdel-Raouf, N. (2017). Antimicrobial activities of some brown macroalgae against some soil borne plant pathogens and in vivo management of *Solanum melongena* root diseases. *Aust. J. Basic Appl. Sci*, 11(5), 157-68.
- Igual, J.M., Valverde Portal, Á., Cervantes, E. ve Velázquez, E. (2001). Phosphate-solubilizing bacteria as inoculants for agriculture: use of updated molecular techniques in their study. *Agronomie*, 21, 561-568.
- Jeon, J.S., Lee, S.S., Kim, H. Y., Ahn, T. S. ve Song, H. G. (2003). Plant growth promotion in soil by some inoculated microorganisms. *The Journal of Microbiology*, 41(4), 271-276.
- John, R.P., Tyagi, R.D., Brar, S.K., Surampalli, R.Y. ve Prévost, D. (2011). Bio-encapsulation of microbial cells for targeted agricultural delivery. *Critical Reviews in Biotechnology*, 31(3), 211-226.
- Joerger, R.D., Bishop, P.E. ve Evans, H.J. (1988). Bacterial alternative nitrogen fixation systems. *CRC Critical Reviews in Microbiology*, 16(1), 1-14.
- Khallil, A.M. ve Daghman, I.M. (2015). Fadyaa antifungal potential in crude extracts of five selected brown seaweeds collected from the western libya coast. *J. Micro. Creat*, 1(1), 103.
- Khan, A.G. (2005). Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18(4), 355-364.

- Khan, A. A., Jilani, G., Akhtar, M. S., Naqvi, S. M. S. ve Rasheed, M. (2009). Phosphorus solubilizing bacteria: occurrence, mechanisms and their role in crop production. *J. Agric. Biol. Sci.*, 1(1), 48-58.
- Kizilkaya, R. (2009). Nitrogen fixation capacity of *Azotobacter* spp. strains isolated from soils in different ecosystems and relationship between them and the microbiological properties of soils. *J. Environ. Biol.*, 30(1), 73-82.
- Kollmen, J. ve Strieth, D. (2022). The beneficial effects of cyanobacterial co-culture on plant growth. *Life*, 12(2), 223.
- Kudashev, I.S., (1956), The effect of phosphobacterin on the yield and protein content in grains of autumn wheat, maize and soybean. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR*, 8:20-23.
- Kumar, R., Kumawat, N. ve Sahu, Y.K. (2014). Role of biofertilizers in agriculture. *Popular Kheti*, 5(4), 63-66.
- Singh, A. K., Kumar, A. ve Singh, P. K. (2018). PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture: Food Security and Environmental Management. Woodhead Publishing.
- León-Santesteban, H.H. ve Rodríguez-Vázquez, R. (2017). Fungal degradation of organochlorine pesticides. *Microbe-Induced Degradation of Pesticides*, 131-149.
- Lim, K.T., Shukor, M.Y., Wasoh, H., (2014). Physical, chemical, and biological methods for the removal of arsenic compounds. *Biomed. Res. Int.*, 2014:9.
- Ljung, K. (2013). Auxin metabolism and homeostasis during plant development. *Development*, 140(5), 943-950.
- Lucy, M., Reed, E. ve Glick, B.R. (2004). Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 86, 1-25.
- Macilwain, C. (2004). Organic: is it the future of farming? *Nature*, 428(6985), 792-794.
- Majeed, A., Abbasi, M. K., Hameed, S., Imran, A. ve Rahim, N. (2015). Isolation and characterization of plant growth-promoting rhizobacteria from wheat rhizosphere and their effect on plant growth promotion. *Frontiers in Microbiology*, 6, 198.

- Maksimov, I.V., Abizgil'Dina, R.R. ve Pusenkova, L.I. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria as alternative to chemical crop protectors from pathogens. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 47, 333-345.
- Malusá, E., Sas-Paszt, L. ve Ciesielska, J.J.T.S.W.J. (2012). Technologies for beneficial microorganisms inocula used as biofertilizers. *The Scientific World Journal*, 12-20.
- Malusa, E. ve Vassilev, N. (2014). A contribution to set a legal framework for biofertilisers. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98, 6599-6607.
- Marschner, H., (1995). Mineral Nutrition of High Plants, Second Edition. Academic Press, London, 5-9.
- Mazid, M. ve Khan, T. A. (2015). Future of bio-fertilizers in Indian agriculture: an overview. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 3(3).
- Mehnaz, S. (2014). Azospirillum: a biofertilizer for every crop. In *Plant Microbes Symbiosis: Applied facets*, New Delhi: Springer India. 297-314.
- Menge, J.A., Johnson, E.L.V. ve Platt, R.G. (1978). Mycorrhizal dependency of several citrus cultivars under three nutrient regimes. *New Phytologist*, 81(3), 553-559.
- Mia, M.B. ve Shamsuddin, Z.H. (2010). Nitrogen fixation and transportation by Rhizobacteria. *Int. J. Bot*, 6, 235-242.
- Nawaz, K., Hussain, K., Choudary, N., Majeed, A., Ilyas, U., Ghani, A. ve Lashari, M. I. (2011). Eco-friendly role of biodegradation against agricultural pesticides hazards. *Afr. J. Microbiol Res*, 5(3), 177-183.
- Nihorimbere, V., Ongena, M., Smargiassi, M. ve Thonart, P. (2011). Beneficial effect of the rhizosphere microbial community for plant growth and health. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 15(2).
- Oberemok, V. V., Laikova, K. V., Gninenko, Y. I., Zaitsev, A. S., Nyadar, P. M. ve Adeyemi, T. A. (2015). A short history of insecticides. *Journal of Plant Protection Research*, 55(3).
- Pandey, V.C. (2012). Phytoremediation of heavy metals from fly ash pond by *Azolla caroliniana*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 82, 8-12.
- Pandey, A. ve Kumar, S. (1989). Potential of Azotobacters and Azospirilla as biofertilizers for upland agriculture-a review. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 48(3), 134-144.

- Peng, S., Biswas, J. C., Ladha, J. K., Gyaneshwar, P. ve Chen, Y. (2002). Influence of rhizobial inoculation on photosynthesis and grain yield of rice. *Agronomy Journal*, 94(4), 925-929.
- Pereg, L. ve McMillan, M. (2015). Scoping the potential uses of beneficial microorganisms for increasing productivity in cotton cropping systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 80, 349-358.
- Plenchette, C., Fortin, J. A. ve Furlan, V. (1983). Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility: I. Mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant and Soil*, 70, 199-209.
- Ramakrishnan, B., Megharaj, M., Venkateswarlu, K., Sethunathan, N. ve Naidu, R. (2011). Mixtures of environmental pollutants: effects on microorganisms and their activities in soils. Springer, 63-120.
- Rodriguez-Galvez, E. ve Mendgen, K. (1995). The infection process of *Fusarium oxysporum* in cotton root tips. *Protoplasts*, 189, 61-72.
- Salhia, B. (2013). The effect of *Azotobacter chroococcum* nitrogen biofertilizer on the growth and yield of *Cucumis sativus*. *The Islamic University Gaza, Deanery of Higher Education Faculty of Science, Master of Biological Sciences, Botany*.
- Santi, C., Bogusz, D. ve Franche, C. (2013). Biological nitrogen fixation in non-legume plants. *Annals of Botany*, 111(5), 743-767.
- Savci, S. (2012). An agricultural pollutant: chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(1), 73.
- Sayyed, R.Z., Reddy, M.S., Kumar, K.V., Yellareddygar, S.K.R., Deshmukh, A.M., Patel, P.R. ve Gangurde, N.S. (2012). Potential of plant growth-promoting rhizobacteria for sustainable agriculture. *Bacteria in Agrobiolology: Plant Probiotics*, 287-313.
- Shaheen, S. ve Sundari, K. (2013). Exploring the applicability of PGPR to remediate residual organophosphate and carbamate pesticides used in agriculture fields. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 4(10), 947-54.
- Sharma, S., Gupta, R., Dugar, G. ve Srivastava, A. K. (2012). Impact of application of biofertilizers on soil structure and resident microbial community structure and function. *Bacteria in Agrobiolology: Plant Probiotics*, 65-77.

- Shelat, H. N., Vyas, R.V. ve Jhala, Y.K. (2017). Biofertilizers and PGPR for evergreen agriculture. In *Microorganisms in sustainable agriculture, food, and the environment*. Apple Academic Press. 261-289.
- Shivprasad, S. ve Page, W.J. (1989). Catechol formation and melanization by Na⁺-dependent *Azotobacter chroococcum*: a protective mechanism for aeroadaptation?. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(7), 1811-1817.
- Silletti, S., Di Stasio, E., Van Oosten, M. J., Ventorino, V., Pepe, O., Napolitano, M. ve Maggio, A. (2021). Biostimulant activity of *Azotobacter chroococcum* and *Trichoderma harzianum* in durum wheat under water and nitrogen deficiency. *Agronomy*, 11(2), 380.
- Singh, J.S., Pandey, V.C., Singh, D.P. (2011). Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140(3-4), 339-353.
- Singh, R.P., Shelke, G.M., Kumar, A. ve Jha, P.N. (2015). Biochemistry and genetics of ACC deaminase: a weapon to “stress ethylene” produced in plants. *Frontiers in Microbiology*, 6, 937.
- Spear, R. (1991). Recognized and possible exposure to pesticides. *Handbook of Pesticide Toxicology*, 245-275.
- Tarrand, J.J., Krieg, N.R. ve Döbereiner, J. (1978). A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. *Canadian Journal of Microbiology*, 24(8), 967-980.
- Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T. ve Kittas, C. (2017). Internet of things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosystems Engineering*, 164, 31-48.
- Vance, C.P. (2001). Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. *Plant Physiology*, 127(2), 390-397.
- Van der Heijden, M., Rinaudo, V., Verbruggen, E., Scherrer, C., Bärberi, P. ve Giovannetti, M. (2008). The significance of mycorrhizal fungi for crop productivity and ecosystem sustainability in organic farming systems. 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy, June 16-20.

- Verhagen, B.W., Glazebrook, J., Zhu, T., Chang, H.S., Van Loon, L.C. ve Pieterse, C.M. (2004). The transcriptome of rhizobacteria-induced systemic resistance in *Arabidopsis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 17(8), 895-908.
- Verma, J.P., Yadav, J., Tiwari, K.N., Lavakush, S. ve Singh, V. (2010). Impact of plant growth promoting rhizobacteria on crop production. *International Journal of Agricultural Research*, 5(11), 954-983.
- Verma, S. ve Jayakumar, S., (2012). Impact of forest fire on physical, chemical and biological properties of soil: A review. *International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 2(3), 168.
- Vessey, J.K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255, 571-586.
- Walker, T.S., Bais, H.P., Grotewold, E. ve Vivanco, J.M. (2003). Root exudation and rhizosphere biology. *Plant Physiology*, 132(1), 44-51.
- Wuana, R. A. ve Okieimen, F. E. (2011). Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *International Scholarly Research Notices*, 11-20.

BÖLÜM 6

TIBBİ BİTKİLERDE RİZOSFER MİKROORGANİZMA ETKİLEŞİMLERİ

Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ¹

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Kırşehir, Türkiye, hogutcu@ahievran.edu.tr
Orcid ID: [0000-0001-7100-9318](https://orcid.org/0000-0001-7100-9318)

Giriş

Kök çevresindeki dar bir bölge olan rizosferdeki mikroorganizmaların çeşitliliği ve işlevleri kök salgıları (proteinler ve şekerler), biyojeokimyasal reaksiyonlar ve solunum ile ilgilidir (Narula ve ark., 2009). Rizosfer bol miktarda bakteri, mantar, protozoa ve nematod içermekte olup bazı nematodlar bakteri ve mantarlarla beslenir. Rizosferdeki kök sızıntıları hastalıkların baskılanmasını kontrol edebilmekte ve besin döngüsüne yardımcı olabilmektedir. Bitki kökleri tarafından rizosfere salgılanan farklı bileşikler birçok işlevi yerine getirir. Örneğin strigolaktonlar mikoriza mantarlarının kolonizasyonunu ve *Striga* gibi parazitik bitkilerin çimlenmesini uyarır. Baklagil bitkilerinin kökleri tarafından salgılanan flavonoidler simbiyotik ve simbiyotik olmayan azot fiksasyonu yapan bakterilerin büyümesini kök nodüllerini ve bitkiler tarafından azotun alımını artırır. Allelokimyasallar rizosferdeki diğer mikroorganizmaların büyümesini engelleyebilir ve bu nedenle etkileşimleri karmaşıktır.

Mikoriza ile kolonize edilmiş köklerin etrafındaki mikrorizosferde aktif olan kökçüklerin çoğu besin alımı için çevredeki toprağa yayılmaktadır (Johansson ve ark., 2004). Bazı kök salgıları tarafından uyarılan mikorizal mantarlar, kök morfolojisini ve metabolik işlevleri değiştirebildiğinden mikorizosfer toprağının hacmi rizosfer toprağından daha büyüktür (Linderman, 1988) ve mikorizosferdeki kök eksüdatları 'mikorizosferi etkisi' (Linderman 1988) oluşturan rizosferdekinden nicel ve nitel olarak farklıdır (Leyval ve Berthelin 1993; Rygielwicz ve Andersen 1994). Ayrıca mikorizal mantarlar kumlu toprakta bakteri aktivitesini azaltabilecek antibiyotikler üretebilmektedirler (Olsson ve ark., 1996).

Rizosferdeki bitki kökleri tarafından salgılanan çok çeşitli organik bileşikler rizosferde, toplu toprağa kıyasla (rizosferden uzaktaki toprak toplu toprak olarak bilinir) mikrobiyal yoğunluğu ve aktiviteyi daha fazla artıran (mikroorganizmalar için) bir besin kaynağı sağlar. Rizosferdeki mikroorganizmaların çoğu az çözünür inorganik P'yi verimli bir şekilde çözebilen ve organik P kaynaklarını (bitkiler için erişilemez) mineralize edebilen, düşük P mevcudiyetine sahip topraklarda bitki büyümesini önemli ölçüde artıran bitki türleri ile ilişkilidir. Bununla birlikte bitkiye özgü mikroorganizmaların düşük P mevcudiyetine sahip topraklarda onun P alımına katkısı tam olarak anlaşılammıştır. Arbüsküler mikorizal (AM) mantarlar tüm

kara bitki türlerinin %80'inden fazlasıyla ortak yaşamlar oluşturur ve mantar hifleri yoluyla bitkinin P alımına yardımcı olur (Jasper ve ark., 1989; Smith ve Read 2008).

Tıbbi bitkiler zengin bir biyoaktif bileşik kaynağı olup (Toussaint ve ark., 2007) bunların kanser ve diğer birçok hastalığın tedavisinde sentetik ilaçlara kıyasla hem insanlar hemde çevre için güvenli olduğu düşünülmektedir (Nema ve ark., 2013). Avrupa ve Asya'da geleneksel Çin tıbbı, Hint Ayurveda tıbbı ve bitkisel ilaçlar gibi bitki kökenli ilaçların kullanımı uzun bir tarihe sahiptir. MÖ 1100 gibi erken bir tarihte Çin'de tıbbi bitkilerin ilk kullanımına atıfta bulunan Çin *Materia Medica*'da bilinen bitki türlerinin %30'undan fazlasını içeren 600'den fazla tıbbi bitki kayıtlıdır (Cragg ve ark., 1997; Joy ve ark., 1998). Artan nüfus, maliyetlerin yüksekliği ve yan etkiler, bulaşıcı hastalıklara karşı dirençli alopantik ilaçların geliştirilmesi ile birlikte çok çeşitli insan hastalığı için bitki kaynaklı ilaçların kullanımı artmaktadır. Bu sebeple tıbbi bitki talebini karşılamak amacıyla modern yetiştirme teknolojilerini kullanan büyük ölçekli tıbbi bitki üretimi Asya ülkelerinde yapılmaktadır. Bitki zararlıları ve hastalıkları tıbbi bitkilerin büyümesini ve kalitesini düşürebildiğinden bu bitkilerin yetiştirilmesi için yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Son zamanlarda yapılan birçok araştırmada; mikorizal kolonizasyonun Fiji Adası ve Hawaii, Amerika (Taber ve Trappe 1982), Pakistan (Waheed 1982; Gorski 2002; Haq ve Hussain 1995), Çin (Wei ve Wang 1989), Japonya'da (Udea ve ark., 1992) tıbbi bitkilerin çoğunda yaygın olduğu belirtilmiş olup farklı tarımsal ekosistemlerdeki toprak yapısı, bitkilerin besin alımı, büyümesi ve verimliliğin biyoçeşitliliği artırmada çok önemli rolünün olduğu bildirilmiştir (Smith ve Read 2008). AM mantarları arbüsküler mikoriza, ektomikoriza, ektoendomikoriza, erikoid, orkide, arbutoid ve monotropoid mikoriza gibi tüm mikoriza türleri arasında en yaygın bulunan simbiyozlardır (Smith ve Read 2008). Birçok araştırma AM mantar topluluğuna ve tıbbi bitkilerin rizosferindeki çeşitliliğe (Kumar ve ark., 2010; Wubet ve ark., 2003; Zeng ve ark., 2013), AM mantar kolonizasyonu ile iyileştirilmiş bitki büyümesine (Karthikeyan ve ark., 2009; Chandra ve ark., 2010). Bununla birlikte tıbbi bitkilerin rizosferindeki mikroorganizmalar büyük ölçüde keşfedilmemiştir. Bu nedenle (1) tıbbi bitkilerin mikrobiyomu (2) tıbbi bitkilerin bitki ve mikroorganizma türevli içerikleri ve (3) bitki büyümesini

teşvik etme ve haşereler ile hastalıklardan bitkinin korunması hakkında yeni bilgiler sağlamak amacıyla daha fazla araştırma yapılmasının gerekli olduğu değerlendirilmektedir.

1. Tıbbi Bitki Rizosferinde Mikrobiyal Çeşitlilik

1.1. Bakteriyel Çeşitlilik

Önemli tıbbi bitkilerden elde edilen rizosfer bakterilerinin incelenmesi sonucunda; bitki büyümesi üzerinde etkileri oldukları ve ayrıca endüstriyel açıdan önemli metabolitler ürettikleri, tıbbi ürünün kalitesini iyileştirdikleri bilinmektedir (Bafana ve Lohiya 2013). Tablo 2.1’de listede bitki rizosferinin önemli sayıda bakteri ile ilişkili olduğu ve fitoterapötik bileşikleri (Koeberl ve ark., 2013) üreterek tıbbi bitkilerin büyümesini artırdığı belirtilmektedir. Bu bilginin ise ticari olarak yetiştirilen tıbbi bitkiler için bir biyogübre formülasyonunun geliştirilmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

Gram negatif, hareketsiz, katalaz pozitif ve oksidaz negatif kısa çubuklar ve DRP 35 (T) (Whang ve ark., 2014) ve DR-9 (T) (Lee ve ark., 2013) olarak adlandırılan ekzopolisakkarit üreten bakteri *Angelica sinensis* adlı tıbbi bir bitkinin rizosfer toprağından izole edilmiştir. 16S rRNA gen dizilerine dayanan filogenetik analizler DRP 35(T)’in *Terriglobus saanensis* SP1PR4(T) ve *Terriglobus roseus* KBS63(T) ile benzerlik gösteren *Acidobacteria* filumundaki *Terriglobus* cinsine ait olduğunu, DR-9(T) izolatının ise *Mucilaginibacter* cinsinde yeralan *Mucilaginibacter polysacchareus* DRP28(T), *Mucilaginibacter myungsuensis* HMD1056(T), *Mucilaginibacter ximonensis* XM-003(T) ve *Mucilaginibacter boryungensis* BDR-9(T) türleri ile yakın benzerliğe sahip olduğu belirlenmiştir.

Çöl ekosisteminde yetişen üç tıbbi bitkinin (*Matricaria chamomilla* L., *Calendula officinalis* L. ve *Solanum distichum* Schumach. & Thonn.) rizosferinde patojenleri inhibe eden çok sayıda Gram pozitif toprak bakterisinin bulunduğu bildirilmiştir (Koeberl ve ark., 2013). Her üç bitkide de kendisine özgü mikroorganizmaların yanı sıra oldukça spesifik diazotropik türlerde bulunmuştur. Sonuçlar bitki türlerinin yapısal ve işlevsel çeşitlilikte önemli itici güçler olduğunu belirtilmektedir. Ayrıca doğal *Bacillus* suşlarının bitki büyümesini desteklediği ve bitkilerin flavonoid üretimini artırdığı düşünülmektedir. *Plectranthus tenuiflorus* tıbbi bitkisinin farklı organlarından elde edilen 28 endofitik bakteri izolatı arasından 8’inin; *Bacillus* sp., *Bacillus*

megaterium, *Bacillus pumilus*, *Bacillus licheniformis*, *Micrococcus luteus*, *Paenibacillus* sp., *Pseudomonas* sp. ve *Acinetobacter calcoaceticus* olduğu tespit edilmiştir (El-Deeb ve ark., 2013). Li ve ark., (2013) endofitik bakteri çeşitliliğinde büyük farklılıklar olduğunu belirlemiştir (*Codonopsis pilosula*, *Ephedra sinica* ve *Lamiophlomis rotata*). Zhao ve ark., (2013) üç tıbbi bitkinin rizosfer toprağındaki mikrobiyal çeşitliliği araştırmış; *Myxococcus* ile *Corallocooccus* baskın cinsleri ile 7 cins e (*Myxococcus* (18), *Corallocooccus* (11), *Cystobacter* (7), *Archangium* (8), *Stigmatella* (1), *Chondromyces* (4) ve *Pyxidicoccus* (1)) ait toplam 50 suş tanımlamışlardır.

Tablo 2.1 Tıbbi bitkiler ve rizosferle ilişkili bakteriler (Solaiman ve Anawar, 2015)

Bitki türleri	Mikroorganizmlar	Referanslar
<i>Angelica sinensis</i>	<i>Terriglobus saanensis</i> <i>Mucilaginibacter polysacchareus</i> <i>Mucilaginibacter myungsuensis</i> , <i>Mucilaginibacter ximonensis</i>	Whang ve ark., (2014) Lee ve ark., (2013)
<i>Matricaria chamomilla</i> <i>Calendula officinalis</i> , <i>Solanum distichum</i>	<i>Bacillus</i> sp.	Koeberl ve ark., (2013)
<i>Rumex patientia</i>	<i>Proteobacterium</i> <i>Bacteroidetes</i> <i>Acidobacteria</i> <i>Gemmatimonadetes</i> <i>Verrucomicrobia</i> <i>Planctomycetes</i> <i>Actinobacteria</i> <i>Firmicutes</i> <i>Chloroflexi</i>	Qi ve ark., (2013)
<i>Atractylodes lancea</i>	Gram negatif bakteri	Dai ve ark., (2013)
<i>Plectranthus tenuiflorus</i>	<i>Bacillus</i> sp. <i>Bacillus megaterium</i> <i>Bacillus pumilus</i> <i>Bacillus licheniformis</i> <i>Micrococcus luteus</i> <i>Paenibacillus</i> sp. <i>Pseudomonas</i> sp. <i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	El-Deeb ve ark., (2013)
<i>Origanum vulgare</i>	<i>Pseudomonas</i> , <i>Stenotrophomonas</i>	Bafana ve Lohiya (2013)

<i>Typhonium giganteum</i>	<i>Kribbella flavida</i> <i>K. karoonensis</i> <i>K. alba</i>	Xu ve ark., (2012)
<i>Ginseng plants</i>	Aktinomisetler	Zhang ve ark., (2013)
<i>Hypericum silenoides</i>	<i>Acinetobacter</i> <i>Enterobacter</i> <i>Pseudomonas</i> <i>Sphingobium</i> <i>Stenotrophomonas</i> <i>Agrobacterium</i> <i>Pantoea</i> <i>Serratia</i>	Lopez-Fuentes ve ark., (2012)
<i>Ajuga bracteosa</i>	<i>Pseudomonas</i>	Kumar ve ark., (2012)
<i>Nerium indicum</i>	<i>Pontibacter</i>	Raichand ve ark., (2011)
<i>Fritillaria thunbergii</i>	<i>Proteobacteria</i> <i>Acidobacteria</i> <i>Actinobacteria</i> <i>Bacteroidetes</i>	Shi ve ark., (2011)
<i>Astragalus membranaceus</i>	<i>Geodermatophilus obscurus</i>	Zhang ve ark., (2011a)
<i>Phytolacca acinosa</i>	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Guo ve ark., (2010)
<i>Agathosma betulina</i>	<i>Cryptococcus laurentii</i>	Cloete ve ark., (2010)
<i>Ocimum sanctum, Coleus forskohlii, Catharanthus roseus, Aloe vera</i>	<i>Azospirillum</i> <i>Azotobacter</i> <i>Pseudomonas</i>	Karthikeyan ve ark., (2008)
<i>Annona squamosa</i> <i>Eclipta alba</i> <i>Cassia auriculata</i>	<i>Bacillus</i> <i>Pseudomonas</i> <i>Enterobacter,</i> <i>Corynebacterium,</i> <i>Micrococcus</i> <i>Serratia</i>	Tamilarasi ve ark., (2008)

Önemli bir tıbbi bitki olan *Rehmannia glutinosa*'nın aynı tarlaya sürekli ekilmesi verimliliğini azaltmaktadır (Qi ve ark., 2009). *R. glutinosa* mahsulünün hasadının ardından toprak mikrobiyal topluluğundaki değişiklik ürün kaybının önemli bir nedeni olabilmektedir. *Rehmannia glutinosa* monokültürünün ardından rizosferindeki mikrobiyal kompozisyonunda ve aktivitelerinde bazı karakteristik farklılıklar belirlenmiştir (Qi ve ark., 2009; Wu ve ark., 2013). Ancak bitki, toprak ve mikroflora arasındaki etkileşimler ardışık monokültür sisteminde *Rehmannia glutinosa*'nın verimliliği ve kalitesi için çok önemlidir (Wu ve ark., 2011). Yabani tıbbi bitki olan *Rumex*

patientia'nın rizosfer toprağındaki bakteri topluluklarının beş filogenetik gruptaki (*Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Chloroflexi*, *Planctomycetes* ve *Proteobacteria*) nispi oranı rizosfer olmayan topraklara benzerlik göstermektedir ancak beş filogenetik grupta farklılıklar vardır (*Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Gemmatimonadetes*, *Verrucomicrobia* ve tanımlanamamış bakteriler) (Qi ve ark., 2012). Qi ve ark., (2013) *Rumex patientia*'nın rizosfer topraklarında; *Proteobacterium* (43.37 %), *Bacteroidetes* (13.25 %), *Acidobacteria* (10.84 %), tanımlanamamış bakteriler (9.64 %), *Gemmatimonadetes* (7.23 %), *Verrucomicrobia* (4.82 %), *Planctomycetes* (4.82 %), *Actinobacteria* (3.61 %), *Firmicutes* (1.20 %) ve *Chloroflexi* (1.20 %) olarak sınıflandırılan toplam 83 benzersiz filotip tanımlamışlardır.

Sürekli monokültür tarımı sisteminde yer fıstığı üretimi, özellikle mantar çeşitliliğindeki azalma ve mantar patojenlerindeki artış gibi toprak mikrobiyal topluluklarını bozan çeşitli çevresel faktörlerden etkilenir. Geleneksel Çin tıbbi bitkileri *Atractylodes lancea* ve *Euphorbia peginensis* ile yer fıstığı birlikte ekildiğinde mantar çeşitliliği ve toprak mikrokozmos ortamını iyileştiği buna karşılık *Fusarium* sp. ve *Verticillium* sp. gibi fungal patojenleri oranının düştüğü gözlenmiştir (Dai ve ark., 2009, 2013). Gram negatif bakteri popülasyonundaki artış ve fenolik allelokimyasalların azalmasıyla birlikte yer fıstığı büyümesinin ve yer fıstığı verim oranının arttığı gözlemlenmiştir. *Origanum vulgare* fenolik antioksidanlar açısından zengin çok yıllık bir tıbbi aromatik bitkidir. Bafana ve Lohiya (2013), hem kök endofitik hem de rizosferik 21 filotipte gruplandırılmış morfolojik olarak farklı toplam 120 bakteri izole etmiştir. İzolatların çoğunun *Firmicutes* ve *gamma-Proteobacteria*'ya ait olduğunu *Pseudomonas* ve *Stenotrophomonas*'ın ise en baskın cinsler olarak toplam izolatların %27.5'ini oluşturduğunu bildirmişlerdir. Lopez-Fuentes ve ark., (2012) *Hypericum silenoides* Juss'un rizosferinden ve köklerinden çoğunlukla *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Sphingobium*, *Stenotrophomonas*, *Pantoea* ve *Serratia* cinslerine ait olan 103 bakteri topluluğunu izole etmiş ve tanımlamıştır. Raichand ve ark., (2011) bir Hint tıbbi bitkisi olan *Nerium indicum* (*Chuvanna arali*)'un rizosferinden *Pontibacter* cinsinin fenotipik ve kemetaksonomik özelliklerinin çoğuyla eşleşen Gram negatif ve pembe pigment üreten yeni bir türü temsil eden bakteri izole etmişlerdir. Tıbbi bir bitki olan *Fritillaria thunbergii*'nin rizosferindeki ana bakteri popülasyonunun

Proteobacteria (55 %), *Acidobacteria* (12 %), *Actinobacteria* (12 %) ve *Bacteroidetes* (18 %) cinslerine ait olduğu belirlenmiştir (Shi ve ark., 2011). *Indigofera tinctoria* ve *Pueraria mirifica* rizosferlerinin bakteriyel çeşitliliğinin *Derris elliptica* Benth rizosferininkinden önemli ölçüde farklı olduğu tespit edilmiştir (Nimnoi ve ark., 2011). Mikrobiyal populasyon, tıbbi bitkiler *Ocimum sanctum* L., *Coleus forskohlii* Briq., *Catharanthus roseus* (L.) G. Don ve *Aloe vera*'nın rizosfer olmayan toprağına kıyasla rizosfer topraklarında daha fazla olup diazotropik bakteri popülasyonu ise *Azospirillum*, *Azotobacter* ve *Pseudomonas* cinslerini içermektedir (Karthikeyan ve ark., 2008).

Tıbbi bitkilerdeki aktinobakteriyel biyokontrol suşları güçlü bir antibiyotik kaynağı olabildikleri için önemlidir. Zhao ve ark., (2012) 7 farklı geleneksel tıbbi bitki türünün rizosferindeki aktinobakteriyel çeşitliliği analiz etmiş ve 18 aktinobakteriyel cins bulmuşlardır. Özellikle Diels çeşitli *Actinobacteria* türlerine ev sahipliği yapmaktadır. Xu ve ark., (2012) farmasötik bir bitkinin rizosfer toprağından XMU 198 (T) olarak adlandırılan aktinomiseti izole etmişler ve izolatların *Typhonium giganteum* *Kribbella flavida*, *K. karoonensis* ve *K. alba* ile en yüksek dizilim benzerliği sergilediğini tespit etmişlerdir. Zhang ve ark., (2011a) *Geodermatophilaceae* familyasına ait tıbbi bitki olan *Astragalus membranaceus* rizosfer toprağından yeni bir aktinobakteriyel suş olan CPCC 201356(T)'yi izole etmişlerdir.

Tablo 2.2 Tıbbi bitkiler ve rizosferle ilişkili mantarlar (Solaiman ve Anawar, 2015)

Bitki Türleri	Mikroorganizmalar	Referanslar
<i>Atractylodes lancea</i> <i>Dioscorea zingiberensis</i> , <i>Euphorbia pekinensis</i> <i>Ophiopogon platyphyllum</i> , <i>Pinellia ternata</i>	<i>Fusarium</i> sp., <i>Verticillium</i> sp.	Dai ve ark., (2009)
<i>Andrographis paniculata</i>	<i>Acaulospora scrobiculata</i> , <i>Glomus aggregatum</i>	Radhika ve Rodrigues (2010)
<i>Hemidesmus indicus</i>	<i>Ambispora leptoticha</i> <i>G. maculosum</i> , <i>G. geosporum</i> <i>G. multicaule</i> , <i>G. fasciculatum</i>	Radhika ve Rodrigues (2010)
<i>Aloe vera</i>	<i>G. maculosum</i> , <i>G. multicaule</i> <i>G. geosporum</i>	Radhika ve Rodrigues (2010)
<i>Azadirachta indica</i>	<i>A. scrobiculata</i> <i>G. fasciculatum</i> , <i>Gi. albida</i> <i>S. calospora</i>	Radhika ve Rodrigues (2010)

<i>Naregamia alata</i>	<i>A. scrobiculata</i> , <i>Am. leptoticha</i> <i>A. nicolsonii</i> , <i>G. Rubiforme</i> <i>G. maculosum</i> , <i>G. fasciculatum</i> <i>S. verrucosa</i>	Radhika ve Rodrigues (2010)
<i>Physalis minima</i>	<i>A. rehmi</i> , <i>G. fasciculatum</i> <i>G. multicaule</i> , <i>G. maculosum</i> <i>G. geosporum</i> , <i>G. rubiforme</i>	Radhika ve Rodrigues (2010)
<i>Centella asiatica</i>	<i>G. multicaule</i> , <i>G. clarum</i> , <i>G. fasciculatum</i> , <i>A. delicate</i> , <i>S. scutata</i>	Radhika ve Rodrigues (2010)
<i>Panax ginseng</i>	<i>A. cavernata</i> , <i>A. spinosa</i> , <i>G. fasciculatum</i> , <i>G. geosporum</i> , <i>G. macrocarpum</i> , <i>G. microaggregatum</i> , <i>G. mosseae</i>	Cho ve ark., (2009)
<i>Panax notoginseng</i>	<i>G. versiforme</i> , <i>G. monosporum</i> , <i>G. mosseae</i> , <i>G. constrictum</i> , <i>G. clarioideum</i>	Zhang ve ark., (2011b)
<i>Arnica montana</i>	<i>G. geosporum</i> , <i>G. constrictum</i> , <i>G. intraradices</i> , <i>G. mosseae</i> , <i>G. macrocarpum</i> , <i>G. fasciculatum</i> , <i>G. versiforme</i>	Jurkiewicz ve ark., (2010)
<i>Echinacea purpurea</i>	<i>G. intraradices</i>	Araim ve ark., (2009)
<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	<i>G. aggregatum</i> , <i>G. constrictum</i> , <i>G. dimorphicum</i> , <i>G. fasciculatum</i> , <i>G. flavisporum</i> , <i>G. intraradices</i> , <i>G. mosseae</i> , <i>S. aurigloba</i> , <i>Archaeospora leptoticha</i>	Wang ve ark., (2008)
<i>Hippophae rhamnoides</i>	<i>G. albidum</i> , <i>G. clarioideum</i> , <i>G. constrictum</i> , <i>G. coronatum</i> , <i>G. intraradices</i>	Tang ve ark., (2004)
<i>Ziziphus jujuba</i> Mill. var. <i>inermis</i>	<i>G. coronatum</i> , <i>G. intraradices</i> , <i>G. monosporum</i> , <i>G. reticulatum</i>	Tang ve ark., (2004)
<i>Lycium barbarum</i>	<i>Gi. margarita</i> , <i>G. albidum</i>	Tang ve ark., (2004)
<i>Taxus chinensis</i>	<i>G. aggregatum</i> , <i>G. ambisporum</i> , <i>G. clarum</i> , <i>G. constrictum</i> , <i>G. fasciculatum</i> , <i>G. geosporum</i> , <i>G. magnicaule</i> , <i>G. reticulatum</i> , <i>G. verruculosum</i> , <i>G. viscosum</i> , <i>A. denticulate</i>	Wang ve ark., (2008)
<i>Euptelea pleiosperma</i>	<i>G. ambisporum</i> , <i>G. constrictum</i> , <i>G. fasciculatum</i> , <i>G. geosporum</i> , <i>G. hyderabadensis</i> , <i>G. intraradices</i> , <i>S. verrucosa</i>	Wang ve ark., (2008)

<i>Cassia alata</i> <i>C. occidentalis</i> <i>C. sophera</i>	<i>Glomus</i> spp.	Chatterjee ve ark., (2010)
<i>Curcuma mangga</i>	<i>Alternaria brassicicola</i> , <i>Colletotrichum</i> <i>Gloeosporioides</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Penicillium digitatum</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i>	Khamna ve ark., (2009)
<i>Centella asiatica</i> ve <i>Ocimum sanctum</i>	AM ve endofitik mantar	Sagar ve Kumari (2009)
<i>Paeonia suffruticosa</i>	<i>Glomus</i> <i>Acaulospora</i> <i>Scutellospora</i>	Shi ve ark., (2013)
<i>Artemisia annua</i>	<i>Glomus mosseae</i> <i>G. aggregatum</i> <i>G. fasciculatum</i> <i>G. intraradices</i>	Awasthi ve ark., (2011)
<i>Magnolia cylindrica</i>	<i>Acaulospora</i> <i>Glomus</i> <i>Gigaspora</i> <i>Scutellospora</i>	Yang ve ark., (2011)
<i>Bacopa monnieri</i>	<i>Glomus mosseae</i> <i>Glomus intraradices</i>	Khaliel ve ark., (2011)
<i>Leptadenia reticulata</i> <i>Mitragyna parvifolia</i> <i>Withania coagulans</i>	<i>G. constrictum</i> <i>G. fasciculatum</i> <i>G. geosporum</i> <i>G. intraradices</i> <i>G. mosseae</i> <i>G. rubiforme</i>	Panwar ve Tarafdar (2006)
<i>Sorghum bicolor</i>	<i>G. mosseae</i> <i>G. intraradices</i>	Sun ve Tang (2013)
<i>Curculigo orchoides</i>	<i>G. geosporum</i> <i>G. microcarpum</i>	Sharma ve ark., (2008)
<i>Ginseng plants</i>	Toprak mantarı	Zhang ve ark., (2013)

Zhang ve ark., (2010) tıbbi bitki *Scutellaria baicalensis* Georgi bitkisinin salgıladığı allelokimyasalların *S. baicalensis*'i doğrudan ototoksititeye neden olarak ve dolaylı yoldan ise toprakta patojen aktivitesini artırarak olumsuz etkilediğini belirlenmişlerdir.

1.2. Mantar Çeşitliliği

Tıbbi bitkilerde AM mantar kolonizasyonları araştırmalarda yaygın olarak rapor edilmiştir. Bununla birlikte AM mantar türlerinin çeşitliliği ve

tıbbi bitkilerin rizosferindeki kolonizasyonun kapsamı konukçu bitki türüne, büyüme mevsimine, toprak özelliklerine, yerel iklime ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Tıbbi bitkiler ve rizosferle ilişkili mantarlara ilişkin çeşitli bilgiler Tablo 2.2’de verilmiştir.

Sekonder metabolitler olarak farmasötik açıdan önemli bileşikler (tropan alkaloitleri) üreten çöle özgül Solanaceae familyasından tıbbi bir bitki olan Mısır banotu (*Hyoscyamus muticus* L.) daha yüksek sayıda mantar türü ve endofitik mantar tarafından kolonize edilir (El-Zayat ve ark., 2008). Tıbbi bitkilerin rizosfer toprağı (*Centella asiatica* ve *Ocimum sanctum*) 16-17 tür mantar tespit edilmiştir (Sagar ve Kumari 2009). Ayrıca *Centella asiatica* ve *Ocimum sanctum* kökleri ve yapraklarından endofitik mantarlar da izole edilmiştir. Benzer iklim koşullarında büyümelerine rağmen on tıbbi bitki türünün (*Aloe barbadensis*, *Centella asiatica*, *Embllica officinalis*, *Euphoria longan*, *Mimosa pudica*, *Rauwolfia tetraphylla*, *Rauwolfia serpentina*, *Sapindus trifoliatu*s, *Smilax* sp. ve *Trachyspermum copticum*) rizosferindeki AM mantar spor populasyonunda ve kök kolonizasyonunda büyük bir varyasyonun olduğu belirlenmiştir (Hussain ve Srinivas 2013). Chatterjee ve ark., (2010) *C. alata*, *C. occidentalis* ve *C. sophera* gibi üç farklı sinemeki bitkisi türünde mikorizal çeşitliliği incelemiştir. *Cassia alata*’nın çoğunlukla *Glomus* türüne ait olan AM mantarı tarafından maksimum kök kolonizasyonuna sahip olduğu ve bunu *C. occidentalis* ve *C. sophera* takip ettiği belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında *C. alata*’nın önemli antimikrobiyal aktiviteye sahip olan için en güçlü tür olduğu değerlendirilmektedir.

Mikorizal bitkiler (*Glomus mosseae* veya *Glomus intraradices* tarafından kolonize olmuş) sorgum (*Sorghum bicolor*) mikorizal olmayan bitkilerle karşılaştırıldığında daha fazla alkol, alken, eter ve asit içermektedir (Sun ve Tang 2013). AM mantarları toprak ortamlarına uyum sağlamak için sorgum bitkilerinin kök morfolojisinin yanı sıra kökler tarafından salınan uçucu organik bileşiklerin karbon profilini değiştirebilir. 14 yaygın ağaç şakayık çeşidinin (*Paeonia suffruticosa*) rizosferi AM mantarları tarafından kolonize edilmiştir (Shi ve ark., 2013). Rizosferik toprakta 3 cinse ait toplam 31 AM mantar türü tespit edilmiş ve *Glomus* (21) en baskın cins olurken bunu *Acaulospora* (7) ve *Scutellospora* (3) izlemiştir.

AM mantarları (*Glomus mosseae* ve *Glomus intraradices* tarafından kolonize olmuş) önemli bir tıbbi bitki olan *B. monnieri*’de çeşitli

mekanizmalarla bitki büyümesini ve tuzluluk toleransını arttırmıştır (Khaliel ve ark.,2011). Sundar ve ark., (2011) *Eclipta prostrata*, *Indigofera aspalathoides* ve *I. tinctoria* gibi tıbbi bitkilerin köklerinden 21 AM mantar türünü tespit etmişlerdir. Ortalama AM mantar kolonizasyonu ve çeşitliliğinin edafik faktörlere ve bitki örtüsü tipine bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Panwar ve Tarafdar (2006) 3 tıbbi bitki türünün (*Leptadenia reticulata*, *Mitragyna parvifolia*, *Withania coagulans*) rizosferinden 5 cins AM mantar izole etmiş ve tanımlamışlardır. Hint Thar Çölü'nün aşırı çevre koşullarına özgü bu bitki türlerinin AM mantarları ile ilişkisi bu tıbbi bitkilerin yeniden kültüre edilmesinde ve korunmasında önemli bir rol oynayabileceği değerlendirilmektedir.

Artemisia annua L. (Asteraceae) (sekonder metaboliti artemisin) beyin sıtmasının tedavisinde kullanıldığı önemli bir tıbbi bitkidir. Awasthi ve ark., (2011) AM mantarı *Glomus mosseae* ve *Bacillus subtilis* bakterileri arasındaki uyumluluğu ve sinerjiyi tespit etmiş ve bu mikrobiyal konsorsiyumun *Artemisia annua* L. (Asteraceae)'nin (artemisininin) büyümesini, içeriğini ve verimini artırmak için kullanılabileceğini önermiştir. Zubek ve Blaszkowski (2009) ve Zubek ve ark., (2011) 33 cins ve 17 familyadan 36 tıbbi bitki türünde AM mantarları ve endofit (DSE) ilişkilerini incelemiştir. AM, 36 bitki türünün 34'ünde tespit edilmiş ve köklerdeki AM mantar hiflerinin yoğunluğunun belirli türlere göre %2.5 (*Helianthus tuberosus*) ile %77.9 (*Convallaria majalis*) arasında değiştiği belirlenmiştir. DSE miselyumu 13 bitki türünde gözlemlenmiş ancak bu mantarlar tarafından kök kolonizasyon yüzdesinin düşük olduğu gözlemlenmiştir. Appoloni ve ark., (2008) *Dichantheium lanuginosum*'un köklerdeki AM mantarlarını izole etmiş ve bunların 16S rDNA filotiplendirmesi sonucunda *Acaulospora*, *Archaeospora*, *Glomus*, *Paraglomus* ve *Scutellospora* cinslerine ait olduğunu belirlemişlerdir. En çok ve çeşite sahip AM mantarlarının *Glomus* cinsinden ve en yaygın filotipin ise *Glomus intraradices* olduğunu tespit ettiklerini bildirmişlerdir. *Phellodendron amurense*'nin rizosferindeki AM mantar topluluğunun sırasıyla; *Glomus*, *Scutellospora* ve *Hyponectria* olarak üç cinse ait olduğu belirtilmiştir (Cai ve ark., 2009).

1.3 Tıbbi Bitkilerin Büyümesi Üzerine Mikrobiyal Aşılamanın Etkisi

Bugüne kadar 24'ten fazla patojenik olmayan rizobakteri cinsi tanımlanmıştır. İlk olarak Kloepper ve Schroth (1978) tarafından tanımlanan bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler tohumlara aşılandıktan sonra bitki köklerini başarılı bir şekilde kolonize edebilir ve bitki büyümesini olumlu yönde artırabilir. Bunun yanı sıra bitki kökleri tarafından salgılanan büyümeyi teşvik edici bileşikler (oksinler ve sitokininler) ve mineral besin alımındaki iyileşme (siderofor) bitki büyümesini artırabilir. Antibiyotiklerin sentezi veya sekonder metabolit aracılı indüklenmiş sistemik dayanıklılık patojenleri (biyokontrol) kontrol ve bitki büyümesini teşvik edebilir (van Loon, 2007).

Tıbbi bitki olan *Mucuna pruriens*'ten izole edilen kök nodül bakterisi *Rhizobium meliloti* sideroforlar üreterek bitki büyümesini destekler (Arora ve ark., 2001). Besin yönünden fakir koşullar altında yetiştirilen tıbbi sklerofil *Agathosma betulina* (Berg.) Pillans bitki besin maddesi temizleyici mikrosimbiont olan *Cryptococcus laurentii* toprak mayası tarafından kolonize edilebilmektedir (Cloete ve ark., 2010). Guo ve ark., (2010) *Oncomelania hupensis* tıbbi bitkisinin rizosferinden *Aspergillus fumigatus*'a benzeyen *Phytolacca acinosa* Roxb.'yı izole etmişler ve bunun yumuşakça öldürücü mikroorganizma olarak kullanılabileceğini belirlemişlerdir. Yaygın toprak mayası *Cryptococcus laurentii* ve tıbbi bitki *Agathosma betulina* (Berg) Pillans arasındaki simbiyotik etkileşimin bitkinin besin yönünden fakir topraklarda büyümesine yardımcı olduğunu bildirmişlerdir (Cloete ve ark., 2009). Çeşitli mikroorganizmalarla ilişki kuran tıbbi bitkiler biyogübre ve biyokontrol ajanları olarak formüle edilebilir. Bu nedenle tıbbi bitkilerle ilişkili rizosferik mikroorganizmaların tanımlanması karakterize edilmesi ve kullanılması çok önemlidir (Vasudha ve ark., 2013).

Geleneksel Çin tıbbi bitkisi olan *Trichosanthes kirilowii*'nin rizosferinden izole edilen rizobakteriyel suş Jdm2 (*Bacillus subtilis*)'nin bitki büyümesini artırdığı, nematod aktivitesini inhibe ettiği, güvenli ve etkili bir mikrobiyal pestisit olma potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (Wei ve ark., 2014). Tıbbi bitki *Annona squamosa* L.'dan izole edilen bakteriyel endofitler antimikrobiyal aktivite gösterdiği, 16s rRNA ve biyokimyasal testler sonucunda *Pseudomonas* cinsine ait olduğu belirtilmiştir (Baker ve Satish 2013).

Tıbbi bir ot olan *Cassia occidentalis*'ten izole edilen bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) tarımda kullanılan kimyasallara karşı ilgi çekici ve çevre dostu alternatif olduğu dolyısıyla bunların bitki büyümesinin devamında tarımsal ürünlerin veriminin artmasında kullanılabileceği belirtilmektedir (Arun ve ark., 2012).

Mikorizal tıbbi bitkiler mikorizal olmayan bitkilerden daha yüksek besin alma kapasitesine ve büyümeye sahiptirler (Karagiannidisa ve ark., 2011). Mikorizal aşılamanın beş farklı toprak türünde yetiştirilen 5 tıbbi bitkinin (*Abelmoschus moschatus*, *Clitoria ternatea*, *Plumbago zeylanica*, *Psoralea corylifolia* ve *Withania somnifera*) kuru madde miktarını artırdığı bildirilmiştir (Chandra ve ark., 2010). *Poncirus trifoliata*, *Piper longum*, *Salvia officinalis* ve *Plectranthus amboinicus* tıbbi bitkilerinin sürgün boyu ve kök biyokütlesinin mikorizal kolonizasyon ile desteklenebildiği gözlemlenmiştir (Wang ve ark., 2006; Gogoi ve Singh 2011).

1.4 Rizosfer Mikroorganizmalarının Tıbbi Bitkilerde P Çözünürlüğü ve Bulunabilirliği Üzerindeki Etkileri

Farklı bitkilerin rizosferinde tanımlanan *Aspergillus niger*, *A. fumigatus* ve *Penicillium pinophilum* fungusları kaya fosfatı veya trikalsiyum fosfatı (Wahid ve Mehana 2000) etkin bir şekilde çözebilmekte ve bitkilerin büyümesiyle fosfor (P) alımını artırabilmektedir. *Pseudomonas aeruginosa* bitki büyümesini teşvik eden bir rizobakteri olduğu onun tıbbi bitki *Launaea nudicaulis*'e toprak düzenleyici olarak uygulamasının maş fasulyesi köklerinde *Macrophomina phaseolina* enfeksiyonunda maksimum azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir (Mansoor ve ark., 2007). Tıbbi bitki olan *Ocimum sanctum*'un dokularından izole edilen endofitik *Bacillus pumilus*'un bitki büyümesini artırmak için bir biyoinokulant ve ayrıca probiyotik olarak kullanılabileceği belirtilmektedir (Murugappan ve ark., 2013).

Bitkiler, rizosfer mikroorganizmalarının yardımıyla P alımını artırmak ve topraktaki düşük P varlığının üstesinden gelmek için çeşitli stratejiler geliştirebilir. Bakteriyel ve mikorizal mantar simbiyozu bitkinin P alımını ve P edinim etkinliğini (Smith ve Read 2008), kök büyümesini, kökler ve mikroorganizmalar (Tarafdar ve Jungk 1987) tarafından salınan fosfataz enzimleri ile organik P'nin mineralizasyonunu ve rizosfer pH'ını değiştiren ve/veya rizosfer içine organik asitleri katarak artırabilir (Gerke ve Meyer 1995;

Imas ve ark., 1997). Rizosferdeki mikroorganizmalar yetersiz miktarda olan P'u (Banik ve Dey 1983) mineralize etmek veya çözmek için farklı kapasiteye sahiptir ve bu nedenle tıbbi bitkiler için P'nin kullanılabilirliğini etkileyebilmektedir.

1.5 Tıbbi Bileşiklerin Miktar ve Kalitesi Üzerinde Rizosfer Mikroorganizmalarının Etkisi

Bakteriler ve AM mantarları bitki fosfor alımını veya bitkilerin değişen hormonal dengesini düzenleyerek tıbbi bitkilerdeki ikincil metabolit içeriklerini geliştirebilir (Koeberl ve ark., 2013; Toussaint, 2007). *Fusarium chlamydosporum* (Frag. & Cif.) ve *Ralstonia solanacearum* (Smith) içeren bir kompleksin neden olduğu kök hastalıkları (çürüme ve solgunluk) forskolin bileşiği üreten tıbbi bir bitki olan *Coleus forskohlii*'nin yetiştirilmesini etkileyen ciddi hastalıktır (Singh ve ark., 2013). *Pseudomonas monteilii* ile *Glomus fasciculatum* ile birlikte aşılmasının AM kök kolonizasyonunu ve spor sayılarını önemli ölçüde düzenlediği ve *Pseudomonas monteilii*'nin mikorizaya gelişimine yardımcı olabileceği düşünülmüştür. Sonuç olarak yumruların forskolin içeriğinin *G. fasciculatum*, *P. monteilii* ve *P. monteilii* + *G. fasciculatum*'un aşılama uygulamaları ile önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir.

Terpenoidler, fenolikler ve alkaloidler farmakolojik ve terapötik amaçlarla kullanılan ikincil bitki metabolitleri ve doğal tıbbi ürünlerin üç ana grubudur. Çoğunlukla monoterpenler, seskiterpenler ve fenilpropanoidlerden oluşan esansiyel yağlar sıklıkla tat ve koku amacıyla yada antimikrobiyal, antioksidan, ilaç olarak kullanılırlar (Deans ve Waterman 1993).

Antik çağlardan beri Asya ülkelerinde gastrointestinal sistem, üst solunum yolu enfeksiyonları, ateş, uçuk, boaz ağrısı ve diğer kronik ve bulaşıcı hastalıkları tedavi etmek amacıyla kullanılan *Andrographis paniculata* acı bir tada sahip renksiz bir diterpen lakton olan andrographolidin birincil tıbbi bileşiğini içerir. *Gigaspora albida* ile aşılama sonrası sonraki AM simbiyozu çoğunlukla çiçekli büyüme döneminde olmak üzere *A. paniculata* (Radhika ve Rodrigues 2011)'nin yaprak özlerinde yüksek konsantrasyonda andrographolide ürettiği tespit edilmiştir. *Glomus intraradices*'un tek başına veya *G. mosseae* ile karışım halinde aşılması *Cynara cardunculus*'un yaprak ve çiçek başlarındaki toplam fenolik içeriğini önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir (Ceccarelli ve ark., 2010).

Camptotheca acuminata'daki kamptotesin ve pervane çiçeğindeki (*Catharanthus roseus*) vinka alkaloidleri iki önemli antikanser bileşiktir (Rosa-Mera ve ark., 2011). Castanospermin AIDS ve kansere karşı tedavilerde etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Spearman ve ark., 1991). Tatlı fesleğen geleneksel olarak baş ağrısı, öksürük ve ishalin tedavisinde kullanılmıştır (Jayasinghe ve ark., 2003). AM mantar aşılamaının bitki büyümesini ve pervane çiçeği yapraklarındaki toplam vinblastin (Rosa-Mera ve ark., 2011), *Castanospermum australe*'nin tohum ve yapraklarındaki kastanozpermin (Abu-zeyad ve ark., 1999), tatlı fesleğen sürgünlerindeki rosmarinik asidi (antioksidan aktivite) (Toussaint ve ark., 2007), *Camptotheca acuminata*'daki kamptotesini, *Catharanthus roseus*'da vinka alkaloidlerini (Rosa-Mera ve ark., 2011) ve toplam fenoller, orto-dihidroksifenoller, flavonoidler, alkaloidler, ve *O. basilicum* ve *Coleus amboinicus*'nın yaprak ve kökündeki tanenleri (Hemalatha, 2002) önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir.

Sonuç

Tıbbi bitkilerin kalitesi (aktif bileşik içeriği) büyük ölçüde rizosferin abiyotik ve biyotik faktörlerinden etkilenir. Rizosfer mikroorganizmaları tıbbi bitkilerin tıbbi değerlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Mikroorganizmaların bitki büyümesi, besin mevcudiyeti, hastalık direnci, tıbbi bileşiklerin verimi ve kalitesi üzerindeki rolü tıbbi bitkilerde gösterilmektedir. Tıbbi bitkilerin geliştirilmesi ve bunlarla rizosfer mikroorganizmaları arasındaki etkileşimin araştırılmasına artan bir ilgi vardır. Bitki besin alımında ve sekonder metabolit değişiminde yüksek öneme sahip olan tıbbi bitkilerin rizosferinde AM mantarları da dahil olmak üzere çok muhteşem bakteri ve mantar çeşitliliğinin olduğu kabul edilmektedir PGPR ve/veya AM mantarlarının aşılamaı tıbbi bitki bileşiklerinin miktarını ve kalitesini artırılmasında sürdürülebilir bir teknolojidir. Bununla birlikte belirli bir bitki için spesifik ve etkili bakteri ve/veya mantarların seçilmesi ve aşılamaı yüksek kaliteli sekonder metabolitlerin elde edileceği tıbbi bitkilerin yetiştirilmesi için gereklidir. Bu nedenle bakteri ve/veya mantar türlerinin genetik ve işlevsel çeşitliliği arasındaki ilişkinin belirlenmesi, rizosfer bakterilerinin ve/veya mantarlarının çeşitliliğini ve işlevi ile bunların artan tıbbi bitki üretimindeki kullanımlarının daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla daha fazla araştırmanın yapılmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKÇA

- Abu-Zeyad R, Khan AG, Khoo C (1999). Occurrence of arbuscular mycorrhiza in *Castanospermum australe* A. Cunn. & C. Fraser and effects on growth and production of castanospermine. *Mycorrhiza* 9:111–117.
- Araim G, Saleem A, Arnason JT, Charest AC (2009). Root colonization by an arbuscular mycorrhizal (AM) fungus increases growth and secondary metabolism of purple coneflower. *Echinacea purpurea* L. Moench. *J Agric Food Chem* 57:2255-2258.
- Arora NK, Kang SC, Maheshwari DK (2001). Isolation of siderophore-producing strains of *Rhizobium meliloti* and their biocontrol potential against *Macrophomina phaseolina* that causes charcoal rot of groundnut. *Curr Sci* 81:673–677.
- Arun B, Gopinath B, Sharma S (2012). Plant growth promoting potential of bacteria isolated on N free media from rhizosphere of *Cassia occidentalis*. *World J Microbiol Biotechnol* 28:2849–2857.
- Awasthi A, Bharti N, Nair P, Singh R, Shukla AK, Gupta MM, Darokar MP, Kalra A (2011). Synergistic effect of *Glomus mosseae* and nitrogen fixing *Bacillus subtilis* strain Daz26 on artemisinin content in *Artemisia annua* L. *Appl Soil Ecol* 49:125–130.
- Bafana A, Lohiya R (2013). Diversity and metabolic potential of culturable root-associated bacteria from *Origanum vulgare* in sub-Himalayan region. *World J Microbiol Biotechnol* 29:63–74.
- Banik S, Dey BK (1983). Alluvial soil microorganisms capable of utilizing insoluble aluminium phosphate as a sole source of phosphorus. *Zbl Mikrobiol* 138:437–442.
- Cai BY, Ge QP, Jie WG, Yan XF (2009). The community composition of the arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of *Phellodendron amurense*. *Mycosystema* 28:512–520.
- Ceccarelli N, Curadi M, Martelloni L, Sbrana C, Picciarelli P, Giovannetti M (2010). Mycorrhizal colonization impacts on phenolic content and antioxidant properties of artichoke leaves and flower heads two years after field transplant. *Plant Soil* 335:311–323.

- Chandra KK, Kumar N, Chand G (2010). Studies on mycorrhizal inoculation on dry matter yield and root colonization of some medicinal plants grown in stress and forest soils. *J Environ Biol* 31:975–979.
- Chatterjee S, Chatterjee S, Dutta S (2010). A survey on VAM association in three different species of *Cassia* and determination of antimicrobial property of these phytoextracts. *J Med Plant Res* 4:286–292.
- Cho EJ, Lee DJ, Wee CD, Kim HL, Cheong YH, Cho JS, Sohn BK (2009).. Effects of AM fungi inoculation on growth of *Panax ginseng* C.A. Meyer seedlings and on soil structures in mycorrhizosphere. *Sci Hortic* 122:633–637.
- Cloete KJ, Przybylowicz WJ, Mesjasz-Przybylowicz J, Barnabas AD, Valentine AJ, Botha A (2010) Micro-particle-induced X-ray emission mapping of elemental distribution in roots of a Mediterranean type sclerophyll, *Agathosma betulina* (Berg.) Pillans, colonized by *Cryptococcus laurentii*. *Plant Cell Environ* 33:1005–1015.
- Cragg GM, Newman DJ, Sander KM (1997). Natural products in drug discovery and development. *J Nat Prod* 60:52–60.
- Dai CC, Xie H, Wang XX, Li PD, Zhang TL, Li YL, Tan X (2009). Intercropping peanut with traditional Chinese medicinal plants improves soil microcosm environment and peanut production in subtropical China. *Afr J Biotechnol* 8:3739–3746.
- Dai CC, Chen Y, Wang XX, Li PD (2013). Effects of intercropping of peanut with the medicinal plant *Atractylodes lancea* on soil microecology and peanut yield in subtropical China. *Agroforest Syst* 87:417–426.
- Deans SG, Waterman PG (1993). Biological activity of volatile oils. In: Hay RKM, Waterman PG (eds) *Volatile oil crops*. Longman Scientific and Technical, Harlow, pp 97–10.
- El-Deeb B, Fayez K, Gherbawy Y (2013). Isolation and characterization of endophytic bacteria from *Plectranthus tenuiflorus* medicinal plant in Saudi Arabia desert and their antimicrobial activities. *J Plant Interact* 8:56–64..
- El-Zayat SA, Nassar MSM, El-Hissy FT, Abdel-Motaal FF, Ito SI (2008). Mycoflora associated with *Hyoscyamus muticus* growing under an extremely arid desert environment (Aswan region, Egypt). *J Basic Microbiol* 48:82–92.

- Gerke J, Meyer U (1995). Phosphate acquisition by red clover and black mustard on a humic podzol. *J Plant Nutr* 18:2409–2429.
- Gogoi P, Singh RK (2011). Differential effect of some arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Piper longum* L. (Piperaceae). *Ind J Sci Technol* 4:119–125.
- Gorsi MS (2002). Studies on mycorrhizal association in some medicinal plants of Azad Jammu and Kashmir. *Asian J Plant Sci* 1:383–387.
- Guo DZ, Chen J, Du XP, Han BX (2010). Screening of molluscicidal strain against *Oncomelania hupensis* from the rhizosphere of medicinal plant *Phytolacca acinosa* Roxb. *Pharmacogn Mag* 6:159–165.
- Haq I, Hussain Z (1995). Medicinal plants of Palandri, District Poonch, Azad Jammu and Kashmir. *Pak J Plant Sci* 1:115–126.
- Hemalatha M (2002). Synergistic effect of VA-mycorrhizae and Azospirillum on the growth and productivity of some medicinal plants. Ph.D. thesis, Bharathidasan University, Tamil Nadu, 108.
- Hussain SA, Srinivas P (2013). Association of arbuscular mycorrhizal fungi and other rhizosphere microbes with different medicinal plants. *Res J Biotechnol* 8:24–28.
- Imas P, Bar-Yossef B, Kafkafi U, Ganmore-Neumann R (1997). Phosphate induced carboxylate and proton release by tomato roots. *Plant Soil* 191:35–39.
- Jasper DA, Abbott LK, Robson AD (1989). Hyphae of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus maintains infectivity in dry soil, except when the soil is disturbed. *New Phytol* 112:101–107.
- Jayasinghe C, Gotoh N, Aoki T, Wada S (2003). Phenolics composition and antioxidant activity of sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *J Agric Food Chem* 51:4442–4449.
- Johansson JF, Paul LR, Finlay RD (2004). Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS Microbiol Ecol* 48:1–13.
- Joy P, Thomos J, Mathew S, Skaria BP (1998). Medicinal plants. Kerala Agricultural University Press, Kerala.
- Jurkiewicz A, Ryszka P, Anielska T, Walig_orski P, Białon´ska D, G_oralska K, Michael MT, Turnau K (2010). Optimization of culture conditions of

- Arnica montana* L.: effects of mycorrhizal fungi and competing plants. *Mycorrhiza* 20:293–306.
- Karagiannidisa N, Thomidisa T, Lazarib D, Panou-Filotheoua E, Karagiannidoua C (2011). Effect of three Greek arbuscular mycorrhizal fungi in improving the growth, nutrient concentration, and production of essential oils of oregano and mint plants. *Sci Hortic* 129:329–334.
- Karthikeyan B, Jaleel CA, Lakshmanan GMA, Deiveekasundaram M (2008). Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. *Colloids Surf B Biointerfaces* 62:143–145.
- Karthikeyan B, Joe MM, Jaleel CA (2009). Response of some medicinal plants to vesicular arbuscular mycorrhizal inoculations. *J Sci Res* 1:381–386.
- Khaliel AS, Shine K, Vijayakumar K (2011). Salt tolerance and mycorrhization of *Bacopa monneiri* grown under sodium chloride saline conditions. *Afr J Microbiol Res* 5:2034–2040.
- Khamna S, Yokota A, Lumyong S (2009.) Actinomycetes isolated from medicinal plant rhizosphere soils: diversity and screening of antifungal compounds, indole-3-acetic acid and siderophore production. *World J Microbiol Biotechnol* 25:649–655.
- Kloepper JW, Schroth MN (1978). Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. In: *Proceedings of the 4th international conference on plant pathogenic bacteria*, Angers, pp 879–882.
- Koeberl M, Schmidt R, Ramadan EM, Bauer R, Berg G (2013). The microbiome of medicinal plants: diversity and importance for plant growth, quality, and health. *Front Microbiol* 4:400.
- Kumar A, Mangla C, Aggarwal A, Parkash V (2010). Arbuscular mycorrhizal fungal dynamics in the rhizospheric soil of five medicinal plants species. *Middle-East J Sci Res* 6:281–288.
- Kumar G, Kanaujia N, Bafana A (2012). Functional and phylogenetic diversity of root-associated bacteria of *Ajuga bracteosa* in Kangra valley. *Microbiol Res* 167:220–225.
- Lee HR, Han SI, Rhee KH, Whang KS (2013). *Mucilaginibacter herbaticus* sp. nov., isolated from the rhizosphere of the medicinal plant *Angelica sinensis*. *Int J Syst Evol Microbiol* 63:2787–2793.

- Leyval C, Berthelin J (1993). Rhizodeposition and net release of soluble organic compounds of pine and beech seedlings inoculated with rhizobacteria and ectomycorrhizal fungi. *Biol Fertil Soils* 15:259–267.
- Li XL, Jiang HM, Zhang B, Tang GQ, Penttinen P, Zeng Z, Zheng LY, Zhang XP (2013). Endophytic bacterial diversity in *Codonopsis pilosula*, *Ephedra sinica*, and *Lamiophlomis rotata*: a study with LH-PCR. *J Appl Ecol* 24:2511–2517.
- Linderman RG (1988). Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora: the mycorrhizosphere effect. *Phytopathology* 78:366–371.
- Lopez-Fuentes E, Ruiz-Valdiviezo VM, Martinez-Romero E, Gutierrez-Miceli FA, Dendooven L, Rincon-Rosales R (2012). Bacterial community in the roots and rhizosphere of *Hypericum silenoides* Juss. 1804. *Afr J Microbiol Res* 6:2704–2711.
- Murugappan RM, Begum SB, Roobia RR (2013). Symbiotic influence of endophytic *Bacillus pumilus* on growth promotion and probiotic potential of the medicinal plant *Ocimum sanctum*. *Symbiosis* 60:91–99.
- Narula N, Kothe E, Behl RK (2009). Role of root exudates in plant-microbe interactions. *J Appl Bot Food Qual* 82:122–130.
- Nema R, Khare S, Jain P, Pradhan A, Gupta A, Singh D (2013). Natural products potential and scope for modern cancer research. *Am J Plant Sci* 4:1270–1277.
- Nimnoi P, Lumyong S, Pongsilp N (2011) Impact of rhizobial inoculants on rhizosphere bacterial communities of three medicinal legumes assessed by denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE). *Ann Microbiol* 61:237–245.
- Olsson PA, Chalot M, Bååth E, Finlay RD, Söderström B (1996). Ectomycorrhizal mycelia reduce bacterial activity in sandy soil. *FEMS Microbiol Ecol* 21:77–86.
- Panwar J, Tarafdar JC (2006). Distribution of three endangered medicinal plant species and their colonization with arbuscular mycorrhizal fungi. *J Arid Environ* 65:337–350.
- Qi JJ, Yao HY, Ma XJ, Zhou LL, Li XN (2009). Soil microbial community composition and diversity in the rhizosphere of a Chinese medicinal plant. *Commun Soil Sci Plant Anal* 40:1462–1482..

- Qi XJ, Wang ES, Xing M, Zhao W, Chen X (2012). Rhizosphere and non-rhizosphere bacterial community composition of the wild medicinal plant *Rumex patientia*. *World J Microbiol Biotechnol* 28:2257–2265.
- Qi XJ, Wang ES, Chen X (2013). Molecular characterization of bacterial population in the *Rumex patientia* rhizosphere soil of Jilin, China. *Res J Biotechnol* 8:64–71
- Radhika KP, Rodrigues BF (2010). Arbuscular mycorrhizal fungal diversity in some commonly occurring medicinal plants of Western Ghats, Goa region. *J For Res* 21:45–52.
- Radhika KP, Rodrigues BF (2011). Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on andrographolide concentration in *Andrographis paniculata*. *Aust J Med Herbal* 23:34–36.
- Raichand R, Kaur I, Singh NK, Mayilraj S (2011). *Pontibacter rhizosphaera* sp. nov., isolated from rhizosphere soil of an Indian medicinal plant *Nerium indicum*. *Antonie Van Leeuwenhoek* 100:129–135..
- Rosa-Mera CJDA, Ferrera-Cerrato R, Alarcón A, Sañchez-Colín MDJ, Muñoz-Muniz OD (2011). Arbuscular mycorrhizal fungi and potassium bicarbonate enhance the foliar content of the vinblastine alkaloid in *Catharanthus roseus*. *Plant Soil* 349:367–376.
- Rygiel PT, Andersen CP (1994). Mycorrhizae alter quality and quantity of carbon allocated below ground. *Nature* 369:58–60.
- Sagar A, Kumari R (2009). Fungal associates of *Centella asiatica* and *Ocimum sanctum*. *J Pure Appl Microbiol* 3:243–248.
- Sharma D, Kapoor R, Bhatnagar AK (2008). Arbuscular mycorrhizal (AM) technology for the conservation of *Curculigo orchioides* Gaertn.: an endangered medicinal herb. *World J Microbiol Biotechnol* 24:395–400.
- Shi JY, Yuan XF, Lin HR, Yang YQ, Li ZY (2011). Differences in soil properties and bacterial communities between the rhizosphere and bulk soil and among different production areas of the medicinal plant *Fritillaria thunbergii*. *Int J Mol Sci* 12:3770–3785
- Shi ZY, Chen YL, Hou XG, Gao SC, Wang F (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi associated with tree peony in 3 geographic locations in China. *Turk J Agric For* 37:726–733.
- Singh R, Soni SK, Kalra A (2013). Synergy between *Glomus fasciculatum* and a beneficial *Pseudomonas* in reducing root diseases and improving yield

- and forskolin content in *Coleus forskohlii* Briq. under organic field conditions. *Mycorrhiza* 23:35–44.
- Smith SE, Read DJ (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic, London, p 800
- Spearman MA, Ballon BC, Gerrard JM, Greenberg AH, Wright JA (1991). The inhibition of platelet aggregation of metastatic H-ras-transformed 10 T1/2 fibroblasts with castanospermine, an N-linked glycoprotein processing inhibitor. *Cancer Lett* 60:185–191.
- Solaiman ZM and Anawar H Md, (2015). *Rhizosphere Microbes Interactions in Medicinal Plants. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Medicinal Plants*, Difuza Egamberdieva, Smriti Shrivastava, Ajit Varma, ISBN 978-3-319-13400-0, Springer.
- Sun XG, Tang M (2013). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on root traits and root volatile organic compound emissions of *Sorghum bicolor*. *S Afr J Bot* 88:373–379.
- Sundar SK, Palavesam A, Parthipan B (2011). AM fungal diversity in selected medicinal plants of Kanyakumari District, Tamil Nadu, India. *Ind J Microbiol* 5:259–265.
- Taber RA, Trappe JM (1982). Vesicular-arbuscular mycorrhiza in rhizomes, scale-like leaves, roots, and xylem of ginger. *Mycologia* 74:156–161.
- Tamilarasi S, Nanthakumar K, Karthikeyan K, Lakshmanaperumalsamy P (2008). Diversity of root associated microorganisms of selected medicinal plants and influence of rhizomicroorganisms on the antimicrobial property of *Coriandrum sativum*. *J Environ Biol* 29:127–134.
- Tang M, Xue S, Yang HP (2004). Vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi of xerophyte in Gansu. *J Yunnan Agric Univ* 19:638–642.
- Toussaint JP (2007). Investigating physiological changes in the aerial parts of AM plants: what do we know and where should we be heading? *Mycorrhiza* 17:349–353.
- Toussaint JP, Smith FA, Smith SE (2007). Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. *Mycorrhiza* 17:291–297.
- Ueda T, Husoe T, Kubo S, Nakawashi I (1992). Vesicular arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales) in Japan II: a field survey of vesicular

- arbuscular mycorrhizal association with medicinal plants in Japan. *Trans Mycol Soc Japan* 33:77–86.
- van Loon LC (2007). Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. *Eur J Plant Pathol* 119:243–254.
- Vasudha S, Shivesh S, Prasad SK (2013). Harnessing PGPR from rhizosphere of prevalent medicinal plants in tribal areas of Central India. *Res J Biotechnol* 8:76–85.
- Waheed A (1982). Mycorrhizal and medicinal plants in Murree hills. M.Sc. thesis. The Punjab University, Lahore, Pakistan.
- Wahid OAA, Mehana TA (2000). Impact of phosphate-solubilizing fungi on the yield and phosphorus-uptake by wheat and faba bean plants. *Microbiol Res* 155:221–227.
- Wang CH, Yang XH, Li DY, Yu GB, Qin Q (2006). Effects of the different species of arbuscular mycorrhizal fungi on the vegetative growth and mineral contents in trifoliolate orange seedlings. *Chin Agric Sci Bull* 22:199–203.
- Wang S, Tang M, Niu ZC, Zhang HQ (2008). Relationship between AM fungi resources of rare medicinal plants and soil factors in Lishan Mountain. *Acta Bot Bor-Occi Sin* 28:355–361.
- Wei GT, Wang HG (1989). Effects of VA mycorrhizal fungi on growth, nutrient uptake and effective compounds in Chinese medicinal herb *Datura stramonium* L. *Sci Agric Sin* 25:56–61.
- Wei LH, Shao Y, Wan JW, Feng H, Zhu H, Huang HW, Zhou YJ (2014). Isolation and characterization of a rhizobacterial antagonist of root-knot nematodes. *PLoS ONE* 9:e85988.
- Whang KS, Lee JC, Lee HR, Han SI, Chung SH (2014). *Terriglobus tenax* sp. nov., an exopolysaccharide-producing *Acidobacterium* isolated from rhizosphere soil of a medicinal plant. *Int J Syst Evol Microbiol* 64:431–437.
- Wu LK, Wang HB, Zhang ZX, Lin R, Zhang ZY, Lin WX (2011). Comparative Metaproteomic analysis on consecutively *Rehmannia glutinosa* monocultured rhizosphere soil. *PLoS ONE* 6:e20611.
- Wu LK, Li ZF, Li J, Khan MA, Huang WM, Zhang ZY, Lin WX (2013). Assessment of shifts in microbial community structure and catabolic

- diversity in response to *Rehmannia glutinosa* monoculture. *Appl Soil Ecol* 67:1–9.
- Wubet T, Weib M, Kottke I, Teketay D, Oberwinkler F (2003). Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in *Prunus africana*, an endangered medicinal tree species in dry Afromontane forests of Ethiopia. *New Phytol* 161:517–528.
- Xu Z, Xu QY, Zheng ZH, Huang YJ (2012). *Kribbella amoyensis* sp nov., isolated from rhizosphere soil of a pharmaceutical plant, *Typhonium giganteum* Engl. *Int J Syst Evol Microbiol* 62:1081–1085.
- Yang AN, Lu L, Wu CX, Xia MM (2011). Arbuscular mycorrhizal fungi associated with Huangshan Magnolia (*Magnolia cylindrica*). *J Med Plant Res* 5:4542–4548.
- Zeng Y, Guo LP, Chen BD, Hao ZP, Wang JY, Huang LQ, Yang G, Cui XM, Yang L, Wu ZX, Chen ML, Zhang Y (2013). Arbuscular mycorrhizal symbiosis and active ingredients of medicinal plants: current research status and prospectives. *Mycorrhiza* 23:253–265.
- Zhang SS, Jin YL, Zhu WJ, Tang JJ, Hu SJ, Zhou TS, Chen X (2010). Baicalin released from *Scutellaria baicalensis* induces autotoxicity and promotes soilborn pathogens. *J Chem Ecol* 36:329–338.
- Zhang YQ, Chen J, Liu HY, Zhang YQ, Li WJ, Yu LY (2011a). *Geodermatophilus ruber* sp. nov., isolated from rhizosphere soil of a medicinal plant. *Int J Syst Evol Microbiol* 61:190–193.
- Zhang ZY, Lin WX, Yang YH, Chen H, Chen XJ (2011b). Effects of consecutively monocultured *Rehmannia glutinosa* L. on diversity of fungal community in rhizospheric soil. *Agric Sci China* 10:1374–1384.
- Zhang HY, Xue QH, Shen GH, Wang DS (2013). Effects of actinomycetes agent on ginseng growth and rhizosphere soil microflora. *J Appl Ecol* 24:2287–2293.
- Zhao K, Penttinen P, Chen Q, Guan TW, Lindstrom K, Ao XL, Zhang LL, Zhang XP (2012). The rhizospheres of traditional medicinal plants in Panxi, China, host a diverse selection of actinobacteria with antimicrobial properties. *Appl Microbiol Biotechnol* 94:1321–1335.
- Zubek S, Blaszkowski J (2009). Medicinal plants as hosts of arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes. *Phytochem Rev* 8:571–580.

Zubek S, Blaszkowski J, Mleczko P (2011). Arbuscular mycorrhizal and dark septate endophyte associations of medicinal plants. *Acta Soc Bot Pol* 80:285-292.

BÖLÜM 7

ONOBRYCHIS MILLER'İN (FABACEAE) BAZI TÜRLERİNDE TOHUM YÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ayşe Neslihan ÖZKAN¹

Prof. Dr. Mustafa ÖZKAN²

Prof. Dr. Makbule ERDOĐDU³

¹ Ahmet Yesevi Anadolu Lisesi, Ahmet Yesevi Mah. Balat Cad. No 30/1 Nilüfer, Bursa, Türkiye, ayseneslihanozkan@gmail.com, orcid.org/0009-0001-5323-6151

²Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, A Blok No:202, Nilüfer, Bursa, Türkiye, ozkanmustafa@uludag.edu.tr, orcid.org/0000-0002-4380-2279

³Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kırşehir, Türkiye, merdogdu@ahievran.edu.tr, orcid.org/0000-0001-8255-2041

GİRİŞ

Bir ülkenin florasının zenginliği, o ülkede yetişen türlerin sayısı ile ilginçliği ise bitkilerin yayılışı ve çeşitli vejetasyon tiplerine sahip olması ile ölçülebilir. Ülkemiz, üzerinde barındırdığı bitkileri açısından dünyada zengin ve ilginç ülkeler arasında yer almaktadır (Davis ve Hedge, 1975). Türkiye'nin Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının kesiştiği bir noktada bulunması, jeolojik ve jeomorfolojik yapısı, farklı toprak ve anakaya tiplerine sahip olması, Anadolu diyagonalinin batısı ve doğusundaki bazı ekolojik farklılıklar ve değişik iklim tiplerinin etkisi altında kalması farklı vejetasyon tiplerine ve zengin bir flora sahip olmasını sağlamıştır. Akdeniz, Avrupa-Sibirya ve İran Turan bitki coğrafyası bölgelerinin kesiştiği yerde olması da tür çeşitliliğini artıran en önemli etkenlerden biridir (Avcı, 2005).

Fabaceae familyası dünyada yaklaşık 730 cins ve 19400'den fazla tür ile (Lewis ve ark., 2005) angiospermlerin en büyük üçüncü familyasıdır (Mabberley, 1997). Çok sayıda bakliyat (*Arachis hypogea* L., yer fıstığı; *Lens culinaris* Medik., mercimek; *Pisum sativum* L., bezelye gibi), tatlandırıcı bitkiler (*Ceratonia siliqua* L., keçi boynuzu gibi), yem ve toprak rotasyonu bitkileri (*Trifolium* ssp., üçgüller; *Medicago sativa* L., kaba yonca), bitkisel yağ, yapıştırıcılar, kereste ağaçları, boyalar ve böcek ilaçlarının kaynağı olan baklagiller ekonomik açıdan oldukça önemli bitki gruplarından biridir (Aytaç ve Kaptaner İğci, 2012).

Fabaceae familyası Caesalpinoideae, Mimosoideae ve Faboideae olmak üzere 3 alt familya içinde sınıflandırılır. *Onobrychis* cinsi Faboideae alt familyası içinde yer alır.

Günümüzde 160'dan fazla tür ile temsil edilen *Onobrychis* cinsi yeryüzünde sadece paleoartik bölgede ve özellikle Akdeniz bölgesinden başlayıp Kafkasya ve Zagros Dağları hattı boyunca Orta Asya'ya kadar yayılış gösterir. Bu yayılış hattı üzerinde, Anadolu, İran ve Kafkasya'da tür yoğunlaşması ve çeşitlenmesi oldukça fazladır. Tür çeşitlenmesi ve yoğunlaşmana bakıldığında Anadolu, İran ve Kafkasya'nın, cinsin önemli gelişme merkezlerinden biri olduğu söylenebilir (Aktoklu, 1995).

Türkiye'nin *Onobrychis* türleri hakkında ilk toplu bilgi Boissier (1843) tarafından verilmiştir. Boissier bu çalışmasında, Anadolu'dan 6 yeni tür tanımlamıştır. Bunlar *Onobrychis cadmea*, *Onobrychis lasiostachya*, *Onobrychis oxyodonta*, *Onobrychis megataphros*, *Onobrychis galegifolia* ve

Onobrychis nitida türleridir (Boissier, 1849, 1856, 1859). Bugünkü sınırlarıyla Türkiye’de yayılış gösteren 33 tür bu eserde yer almaktadır. Ancak bu türlerden bazıları sinonim olmuş bazıları da statü değişikliğine uğramıştır.

Ülkemizde *Onobrychis* türlerini içeren en önemli kaynak Türkiye Florası’dır ve cins 46 tür ile temsil edilmektedir (Hedge, 1970). Daha sonra basılan ek ciltte 6 yeni tür eklenmiştir (Davis ve ark., 1988). Sonraki yıllarda ise Kahramanmaraş’tan 1 yeni tür yayınlanmıştır (Duman ve Vural, 1990). Böylece Türkiye deki *Onobrychis* türlerinin toplam sayısı 53’e ulaşmıştır.

Aktoklu (2001) *Onobrychis bornmuelleri* Freyn türünü *Onobrychis huetiana* Boiss. türünün sinonimi durumuna getirilmiştir. Buna ek olarak, *Onobrychis armena* Boiss & Huet türüne *Onobrychis oxyodonta* Boiss.’in varyetesi olarak statü değişikliği uygulanmıştır (*Onobrychis oxyodonta* Boiss. var. *armena* (Boiss. & Huet) Aktoklu). Yine bu çalışmada *Onobrychis meschetica* Grossh. türü Türkiye’de ilk kez kaydedilmiştir.

Onobrychis cigdemae Yıdırımlı, *Onobrychis cigdemae* Yıdırımlı subsp. *gorkemii* Yıdırımlı (Yıldırım, 2004), *Onobrychis alba* subsp. *calcarea* (Vandas) P.W. Ball (Vladimirov ve ark., 2007), *Onobrychis mehmetchiquii* Aybeke & Dane (Aybeke ve Dane, 2017) ve *Onobrychis silvanensis* Aytaç, Rabaute & Coulot (Aytaç ve ark., 2020) Türkiye *Onobrychis* türleri listesine eklemiş ve bu türlerle birlikte *Onobrychis* cinsinin önemli gen merkezlerinden biri olan Ülkemizde yayılış gösteren tür sayısı 56’ya yükselmiştir.

Fabaceae ve diğer familyaların bazı cinslerinde tohum morfolojisi ve tohum yüzey şekilleri üzerine yapılan çalışmalar taksonların ayırt edilmesinde bu karakterlerin önemli olduğunu göstermiştir (Lersten ve Gunn, 1981; Al-Gohary ve Mohamed, 2007; Kaya ve Dirmenci, 2008; Külköylüoğlu ve ark., 2009; Zoric ve ark., 2010; Dinç ve ark., 2013; Demir, 2014; Shemetova ve ark., 2018).

Özcan (2006) taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile *Onobrychis* cinsine ait 11 taksonun tohum yüzeylerini incelemiştir. *Onobrychis* sistematğinde meyve ve tohum özelliklerinin yeterli olmadığı durumlarda, tohum mikromorfolojisi, ilave kalıtsal taksonomik parametreler olarak, türlerin ve tür altı kategorilerin sınırlandırılmasında ve yeni gruplandırmalara gidilebilmesine olanak sağlayabileceğini belirtmiştir.

Özkan ve ark. (2015) *Onobrychis albiflora* Hub.-Mor., *Onobrychis cappadocica* Boiss., *Onobrychis galegifolia* Boiss. ve *Onobrychis tournefortii*

(Willd.) Desv. türlerinin tohum morfolojilerini SEM ile incelemiştir. İncelenen türlerin tohum yüzeyleri retikulat ve rugulat olarak belirlenmiştir. Tohum yüzey mikromorfolojisinin türlerin tanımlanmasında ayırt edici karakter olarak kullanılabilceğini bildirmişlerdir.

Atasagun ve Aksoy (2018) Erciyes Dağı'na özgü *Onobrychis argaea* Boiss. et Bal. türünün polen ve tohum morfolojisini incelemiştir. Türün tohumları sarımsı kahve renkli, reniform, yanlardan basık, suboblat (P/E = 0.77) ve rugulat olarak betimlenmiştir. Tohum ve polen morfolojisinin modern bitki sistematiğinde önemli olduğu bu çalışmada da belirtilmiştir.

Akçin ve Kocaman (2018) endemik türlerimizden biri olan *Onobrychis huetiana* Boiss. türünün mikromorfolojik karakterlerini çalışmışlardır. Türün yaprağı, kaliksi ve tohumu SEM ile incelemiş ve mikromorfolojik karakterler sunulmuştur.

İran'ın Markazi eyaletinin farklı bölgelerinden toplanan dokuz *Onobrychis* taksonunun meyve ve tohumlarının kalitatif ve kantitatif özellikleri Noori ve ark. (2014) tarafından incelenmiştir. Bu çalışmada İran'daki *Onobrychis* cinsine ait türlerde meyve ve tohuma ait bazı morfolojik karakterlerin türlerinin ve varyetelerin teşhisini kullanılabileceği sonucuna varılmış ve *Onobrychis*'in meyve ve tohum karakterlerine dayalı teşhis anahtarı hazırlanmıştır.

Literatür incelendiğinde özellikle son yıllarda yapılan taksonomik çalışmalarda tohum mikromorfolojisinin yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada Türkiye'de yetişen *Lophobrychis* Hand.-Mazz., *Onobrychis* Miller ve *Heliobrychis* Bunge seksiyonlarına ait 19 tür ve toplamda 20 taksonun tohumlarının stereo ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak morfolojileri çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma için *Lophobrychis*, *Onobrychis* ve *Heliobrychis* seksiyonlarına ait 19 tür ve toplamda 20 taksonun meyve örnekleri (*Lophobrychis* Seksiyonu: *Onobrychis caput-galli*, *Onobrychis aequidentata*, *Onobrychis crista-galli*; *Onobrychis* seksiyonu: *Onobrychis stenostachya* subsp. *sosnowskyi*, *Onobrychis densijuga*, *Onobrychis fallax* var. *fallax*, *Onobrychis gracilis*, *Onobrychis mutensis*, *Onobrychis beata*, *Onobrychis lasiostachya*, *Onobrychis viciifolia*, *Onobrychis oxydonta* var. *oxydonta*,

Onobrychis oxyodonta var. *armena*, *Onobrychis hajastana*, *Onobrychis altissima*, *Onobrychis cilicica*, *Onobrychis paucijuga*, *Onobrychis occulta*, *Onobrychis germanicopolitana*; *Heliobrychis* seksiyonu: *Onobrychis argyrea* subsp. *argyrea*), bu cinsin revizyon çalışması sürecinde Dr. Ekrem Aktoklu tarafından toplanan örneklerden temin edilmiştir. Toplanan örneklerin takson adları, toplayıcı numaraları ve lokalite bilgileri ile birlikte Tablo 1’de verilmiş ve endemik türler * işareti ile belirtilmiştir. Bu çalışmada tohumlar hem stereo mikroskop hem de taramalı elektron mikroskobunda incelenerek resimleri çekilmiştir. Tohumlar ilk olarak Olympus SZX2-ZB 16 dijital fotoğraf ataçmanlı ve görüntüleme sistemli stereo mikroskop altında incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu preparatları için tohumlar çift taraflı yapışkan bantla staplara yerleştirilmiştir. Üzeri altınla kaplandıktan sonra değişik büyütmelerde çekimleri yapılmıştır.

Tablo 1. İncelenen Örneklere Ait Toplama Bilgileri.

Seksiyon Adı	Takson Adı	Lokalite Bilgisi
<i>Lophobrychis</i>	<i>O. caput-galli</i>	C6 Hatay: İskenderun, Alayın üstü, yol kenarı, yamaçlar, 200 m, 28.04.1993, E. Aktoklu-1897.
	<i>O. aequidentata</i>	C6 Kahramanmaraş: Süleymanlı'nın 2 km güneyi, karışık çalılık, 700 m, 04.06.1993, B. Yıldız-10362.
	<i>O. crista-galli</i>	C6 Hatay: Samandağı-Antakya arası 12. km, Uzunbağ köyü, taşlı kumlu yamaçlar, yol kenarı, 50-100 m, 29.04.1993, E. Aktoklu-1918.
<i>Onobrychis</i>	* <i>O. stenostachya</i> subsp. <i>sosnowskyi</i>	A7 Gümüşhane: Erzincan-Kelkit 31. km, Yeniol köyüne 5 km kala, Pöske Dağı, dağ çayırılığı ve bodur ardıç içi, 2100-2150 m, 29.07.1993, E. Aktoklu-2231 & B. Yıldız.
	* <i>O. densijuga</i>	B7 Erzincan: Refahiye-Erzincan, Sakaltutan Geçidi, Karayolları bakımevi, alpinik step, 2160 m, 27.07.1993, E. Aktoklu-2216 & B. Yıldız.
	* <i>O. fallax</i> var. <i>fallax</i>	B6 Sivas: C.Ü. kampüsü, yıkık köy üstü, step, 1350 m, 19.07.1991, E. Aktoklu-1846 & B. Yıldız.
	<i>O. gracilis</i>	C5 Adana: Gülek, Taşdibi Y. yolu, çamlık-step sınırı, 1200-1300 m, 21.07.1993, E. Aktoklu-2157.

	<i>*O. mutensis</i>	C4 İçel: Mut, Aşağı Köşelerli yolu 3-5. km, kireçtaşı step, 200-250 m, 13.06.1993, E. Aktoklu-1983.
	<i>*O. beata</i>	C5 Adana: Adana-Pozantı 35. km, taşlı yamaçlar, 1100-1200 m, 15.06.1993, E. Aktoklu-1991.
	<i>O. lasiostachya</i>	C2 Denizli: Denizli-Pamukkale 10. km, yol kenarı ve yamaçlar, 350-500 m, 02.06.1993, E. Aktoklu-1963.
	<i>O. viciifolia</i>	B7 Malatya: İnönü Üniversitesi kampüsü, step, 950 m, 20.06.1991, E. Aktoklu-1826.
	<i>O. oxyodonta</i> var. <i>oxyodonta</i>	B7 Malatya: Arapkir-Malatya 8. km, meşelik, 850-900 m, 03.07.1993, E. Aktoklu-2092 & B. Yıldız.
	<i>O. oxyodonta</i> var. <i>armena</i>	A7 Gümüşhane: Kelkit, Deredolu köyü çevresi, step, 1550 m, 29.07.1993, E. Aktoklu-2227 & B. Yıldız.
	<i>O. hajastana</i>	B6 Sivas: Sivas-Taşlıdere 12. km, yol kenarı, 1300 m, 26.07.1993, E. Aktoklu-2204 & B. Yıldız.
	<i>O. altissima</i>	A7 Gümüşhane: Erzincan-Kelkit 31. km, Yeniyol köyüne 5 km kala, Pöske Dağı, yol kenarı, 2100-2150 m, 29.07.1993, E. Aktoklu-2230 & B. Yıldız.
	<i>*O. cilicica</i>	C4 İçel: Mut, Zeyker köyüne 1-2 km kala, step, 1100-1200 m, 20.07.1993, E. Aktoklu-2155.
	<i>*O. paucijuga</i>	B4 Konya: Cihanbeyli-Yavşan Tuzla arası 11-13. km, step, 950 m, 08.07.1993, E. Aktoklu-2145.
	<i>*O. occulta</i>	B6 Sivas: Kangal, Halepçe köprüsü güneyi, 1500-1600 m, 28.06.1993, B. Yıldız-10782 & E. Aktoklu.
	<i>O. germanicopolitana</i>	A4 Çankırı: Çankırı-Ankara yolu 7. km, jipsli yamaçlar, 650-700 m, 07.07.1993, E. Aktoklu-2126.
<i>Heliobrychis</i>	<i>*O. argyrea</i> subsp. <i>argyrea</i>	B6 Sivas: Kangal, Çetinkaya-Karaman 3-4. km, gevşek topraklı yamaçlar, 1300 m, 18.07.1991, Aktoklu-1844.

BULGULAR

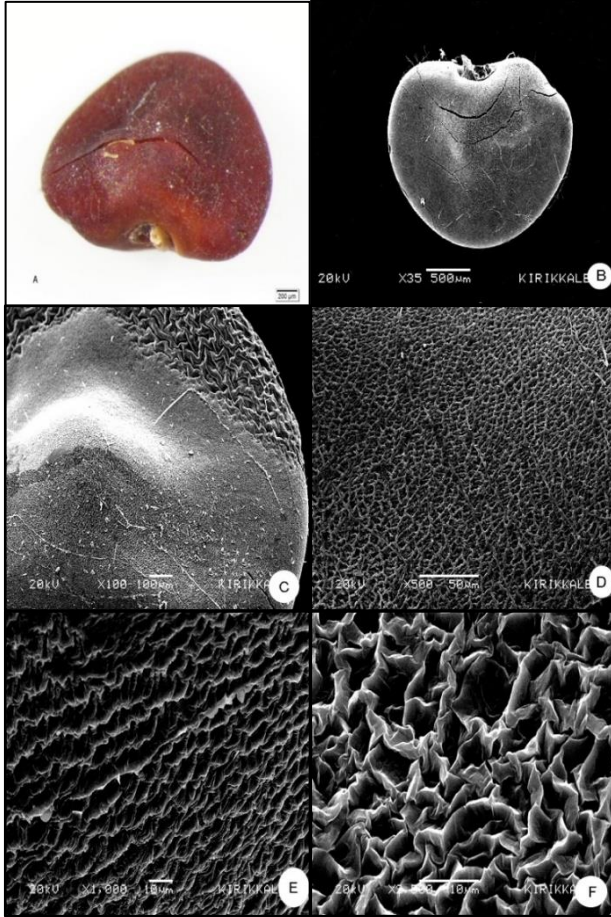
Çalışma sonucunda incelenen taksonların *Lophobrychis*, *Onobrychis* ve *Heliobrychis* seksiyonlarına ait 19 tür ve toplamda 20 taksonun şekil, boyut, renk ve ornamentasyon tipini içeren tohum betimlemeleri meyve özellikleri ile birlikte verilmiş ve bu özellikler stereo ve taramalı elektron mikroskobu

resimleri ile desteklenmiştir. Ayrıca tohum karakterinin cinsler veya taksonlar arasında farklılık gösterip göstermediği belirlenmiştir.

Seksiyon: *Lophobrychis* Hand.-Mazz.

Onobrychis caput-galli (L.) Lam.

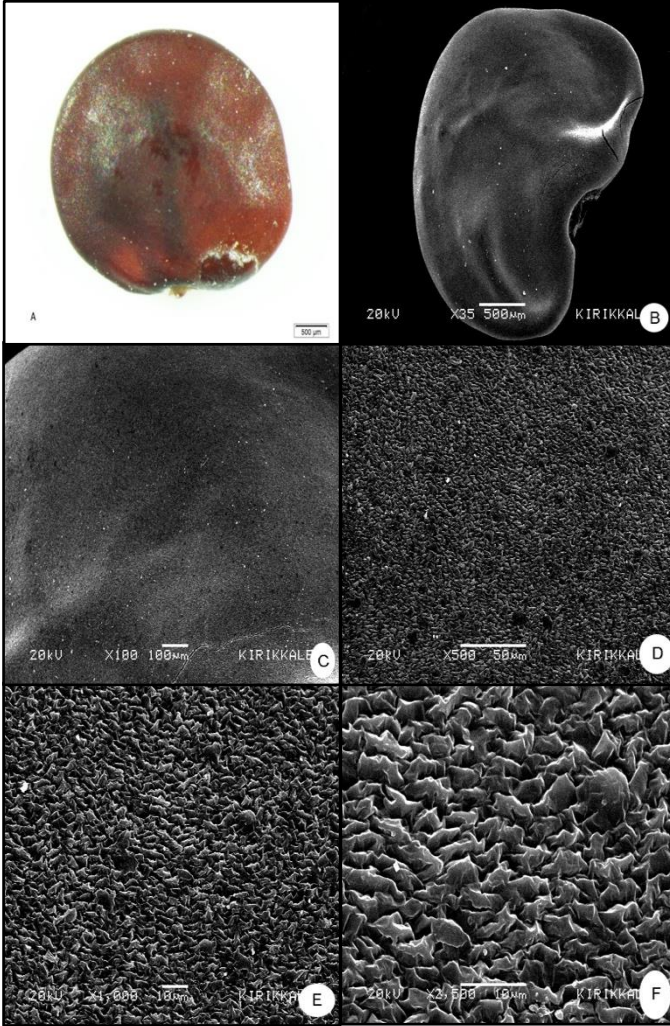
Meyve semiorbikular, hirtuloz tüylü; disk faveolat ve dişli; kenar çok sayıda ucu kıvrık dikensi dişlidir. Meyve boyutları 7-10 × 7-10 mm'dir. Tohumlar geniş asimetric, ovat şeklinde olup genellikle kestanemsi kahve renklidir. Tohum boyutları 1.718 × 2.366 mm'dir. Tohum yüzey yapısı retikulat-foveat tiptedir (Şekil 1).



Şekil 1. *Onobrychis caput-galli*: A. Tohumun stereo mikroskopunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis aequidentata* (Sibth. & Sm.) d'Urv.**

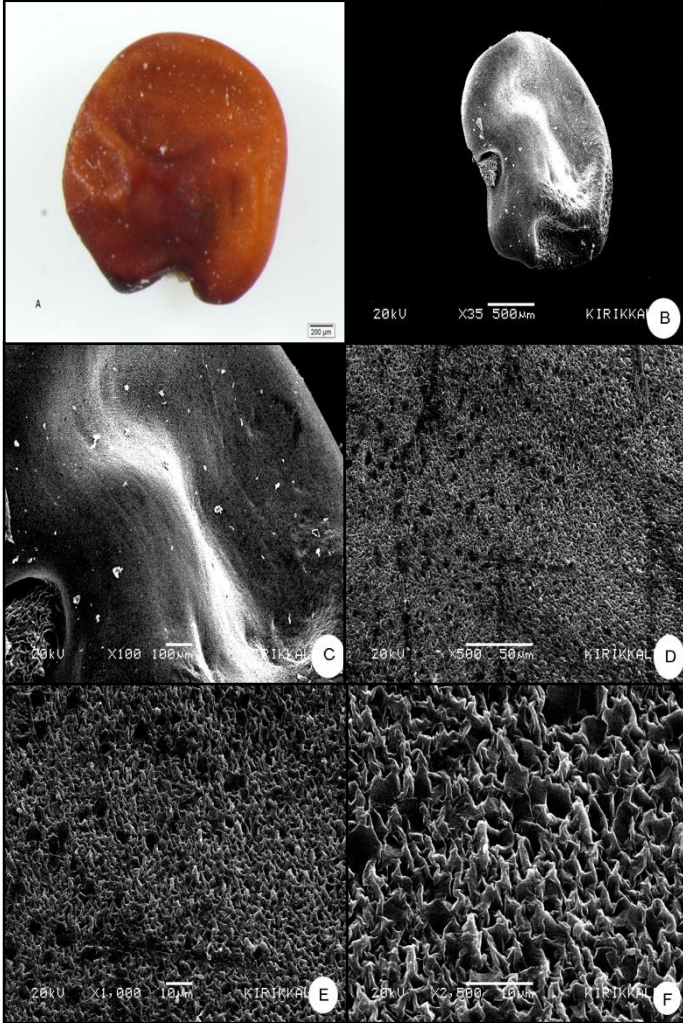
Meyve semiorbikular, tüysüz veya kısa setulöz tüylü; disk faveolat ve dişli; kenar 5-6 adet hemen hemen eşit triangular dişlidir. Meyve boyutları 10-16 × 8-12 mm'dir. Tohumlar hemen hemen sphaerikal, subgloboz şeklinde olup genellikle kestanemsi kahve renklidir. Tohum boyutları 1.718 × 2.366 mm'dir. Tohum yüzey yapısı düzensiz ve sık akulat-verrukat tiptedir (Şekil 2).



Şekil 2. *Onobrychis aequidentata*: A. Tohumun stereo mikroskobunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis crista-galli* (L.) Lam.**

Meyve semiorbikular, hirtuloz tüylü; disk faveolat, dişli veya dişsiz; kenar 3-4 obtuz veya akut düzensiz testere dişlere sahiptir. Meyve boyutları (10-) 12-15 (-20) × 9-12 (-14) mm'dir. Tohumlar geniş reniform şeklinde olup genellikle tarçın renklidir. Tohum boyutları 1.888 × 2.105 mm'dir. Tohum yüzey yapısı düzensiz ve sık akulat-verrukat görünümündedir (Şekil 3).

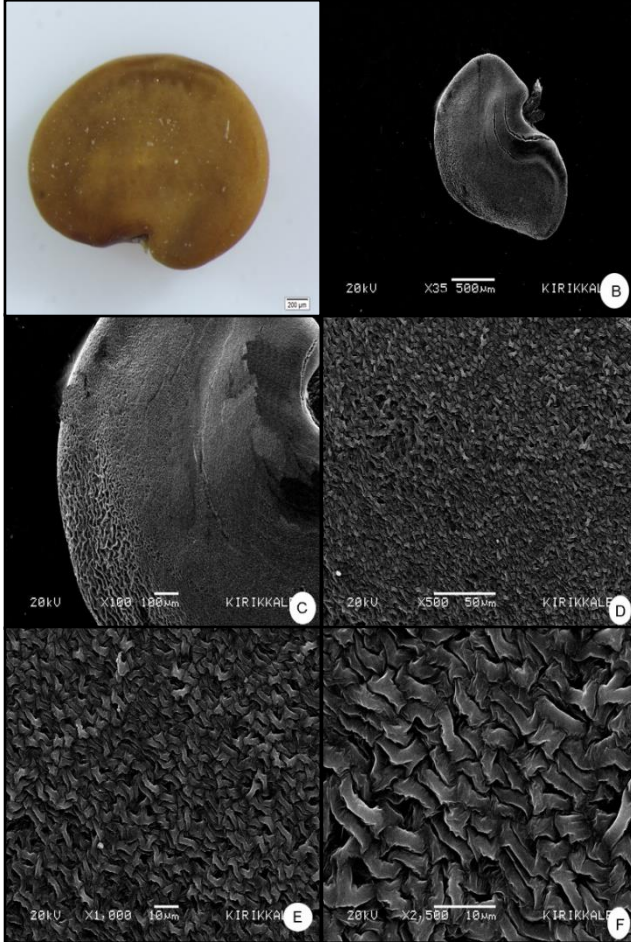


Şekil 3. *Onobrychis crista-galli*: A. Tohumun stereo mikroskopunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

Seksiyon: *Onobrychis* Miller

Onobrychis stenostachya Freyn subsp. *sosnowskyi* (Grossh.) Hedge

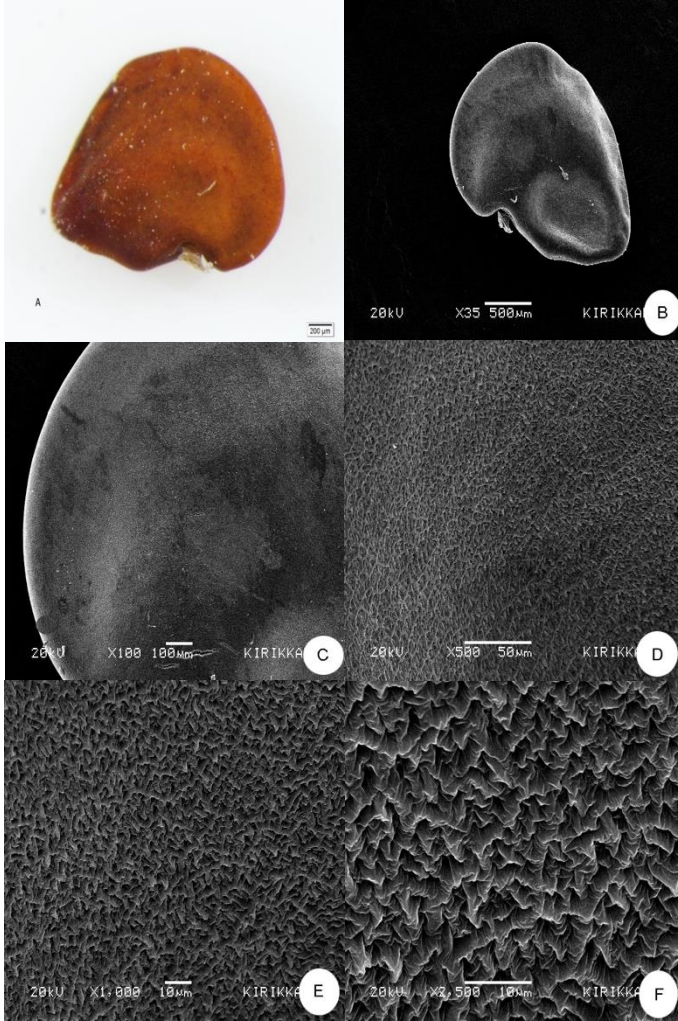
Meyve semiorbikular, kısa, adressed piloz tüylü; disk faveolat, genellikle dişsiz; kenar en çok 0.5 mm boyunda, 5-7 adet dentikulat dişli veya hiç diş yok. Meyve boyutları 4-5 × 3-4 mm'dir. Tohumlar ellipsoid, reniform şeklinde olup genellikle sarımsı kahve renklidir. Tohum boyutları 1.605 × 2.300 mm'dir. Tohum yüzey yapısı retikulat-foveat görünümündedir (Şekil 4).



Şekil 4. *Onobrychis stenostachya* subsp. *sosnowskyi*: A. Tohumun stereo mikroskobunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis densijuga* Hedge & Hub.-Mor.**

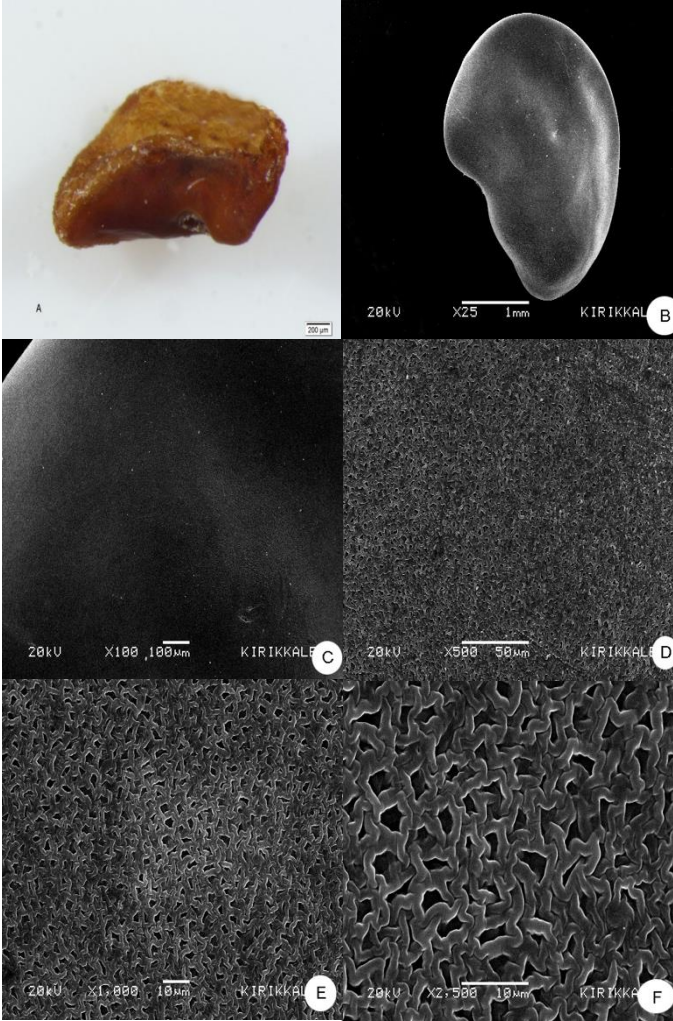
Meyve semiorbikular, kısa adressed piloz tüylü; disk ucu kıvrık dikenli; kenar dentikulat dişlidir. Meyve ortalama boyutları 5-6.5 × 3-4 mm'dir. Tohumlar geniş asimetrik ovat olup genellikle açık kestanemsi kahve renklidir. Tohum boyutları 1.533 × 2.050 mm'dir. Tohum yüzey yapısı düzensiz ve sık akulat-verrukat görünümündedir (Şekil 5).



Şekil 5. *Onobrychis densijuga*: A. Tohumun stereo mikroskobunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

Onobrychis fallax* Freyn & Sint. var. *fallax

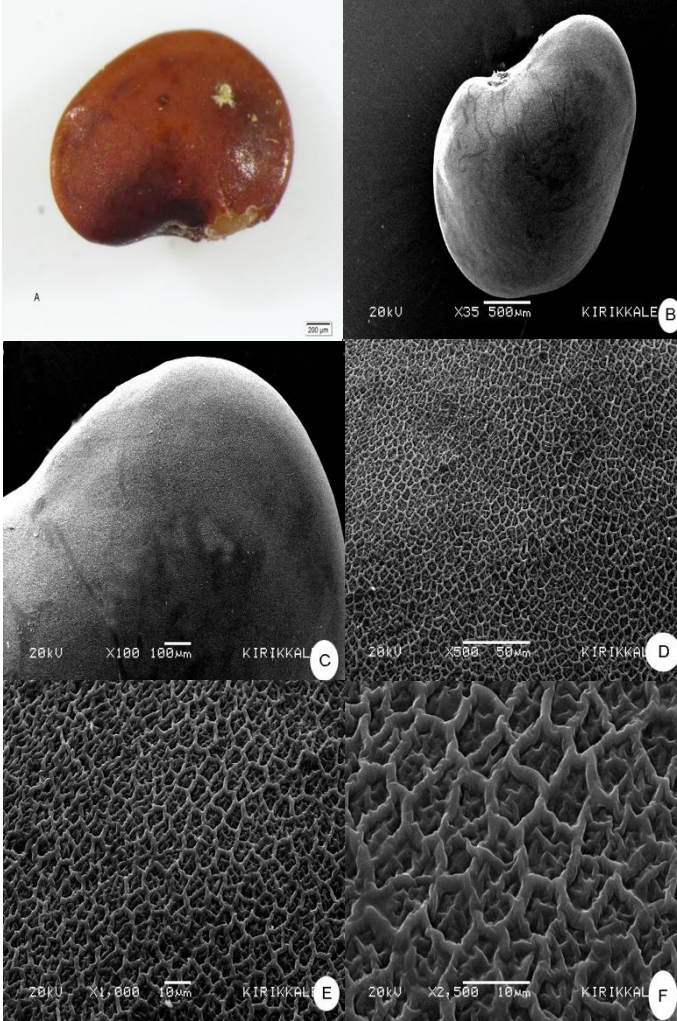
Meyve obovattan subgloboza kadar, adpressed piloz, kenardaki dişlerin tabanı geniş, uçları kıvrık ve sivri, genelde 3 adet, disk üzerindeki dişler ise daha kısa ve küçüktür. Meyve boyutları 6-7 (-9) × 3-4.5 mm'dir. Tohumlar transversal ovat şeklinde olup genellikle açık tarçın renklidir. Tohum boyutları 1.221 × 2.049 mm'dir. Tohum yüzey yapısı düzensiz retikulat görünümündedir (Şekil 6).



Şekil 6. *Onobrychis fallax* var. *fallax*: A. Tohumun stereo mikroskobunda görünümü. B. Tohumun SEM’de genel görünümü. C, D, E, F. SEM’de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis gracilis* Besser**

Meyve semiglobular, faveolat, kısa adressed piloz; kenarı kısa linear 3 adet dikenli, nadiren dikensizdir. Meyve boyutları $2.5 \times 2-3.5$ mm'dir. Tohumlar ellipsoid, dar asimetric reniform şeklinde olup açık kestanemsi kahve renklidir. Tohum boyutları 1.525×2.142 mm'dir. Tohum yüzey yapısı düzenli retikulat tiptedir (Şekil 7).



Şekil 7. *Onobrychis gracilis*: A. Tohumun stereo mikroskopunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis mutensis* Kit Tan & Sorger**

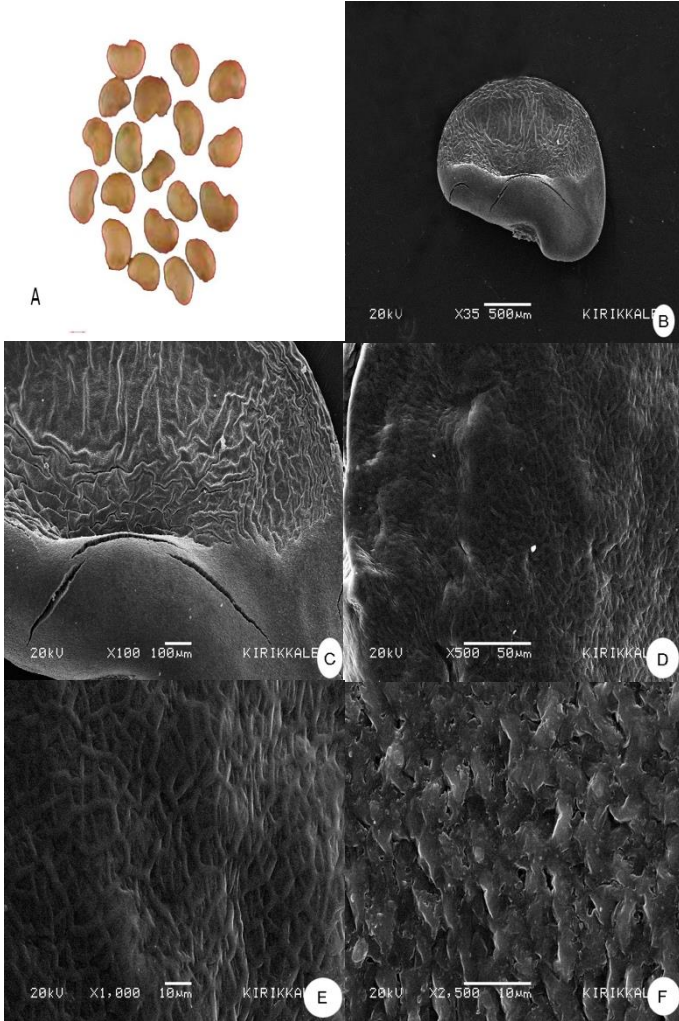
Meyve suborbikular, yoğun beyaz villoz tüylü; kenarı 3-4 mm uzunluğunda, 5-6 adet ince dikenli; disk ise daha kısa 3-4 dikenlidir. Meyve boyutları 7-9 × 3-4 mm'dir. Tohumlar geniş asimetrik ovat şeklinde olup genellikle açık kestanemsi kahve renklidir. Tohum boyutları 1.888 × 2.237 mm'dir. Tohum yüzey yapısı düzensiz retikulat tiptedir (Şekil 8).



Şekil 8. *Onobrychis mutensis*: A. Tohumun stereo mikroskobunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis beata* Sirj.**

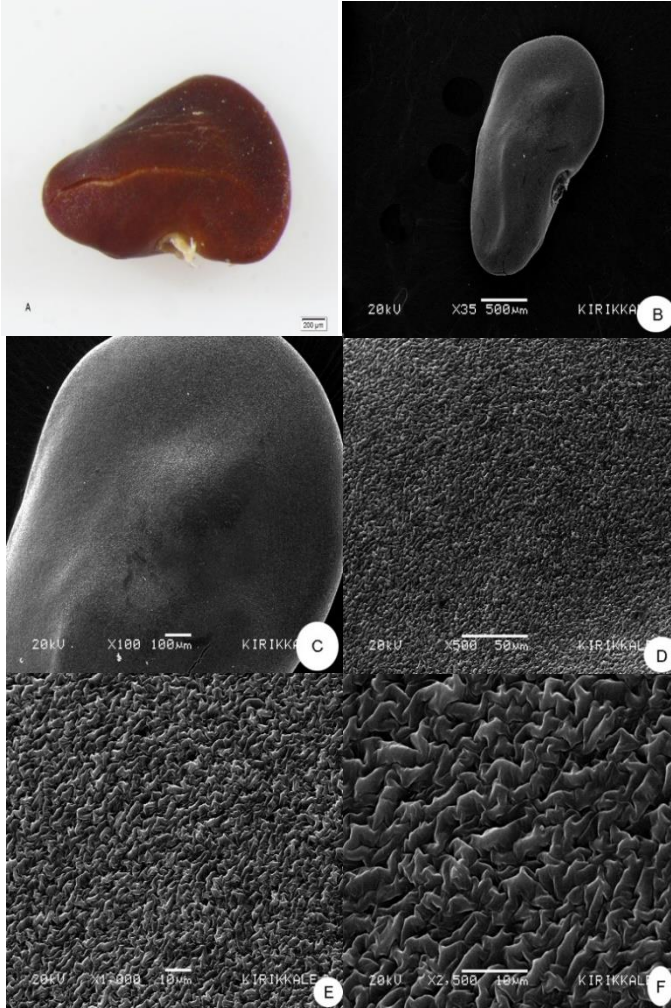
Meyve genç evrede yoğun ve kısa yükselici tüylü, disk ve kenarda belirgin dişlidir. Tohumlar geniş ellipsoid şekilde olup sarımsı kahve renklidir. Tohum boyutları 3.330×4.590 mm'dir. Tohum yüzey yapısı rugoz-retikulat tiptedir (Şekil 9).



Şekil 9. *Onobrychis beata*: A. Tohumun stereo mikroskopunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis lasiostachya* Boiss.**

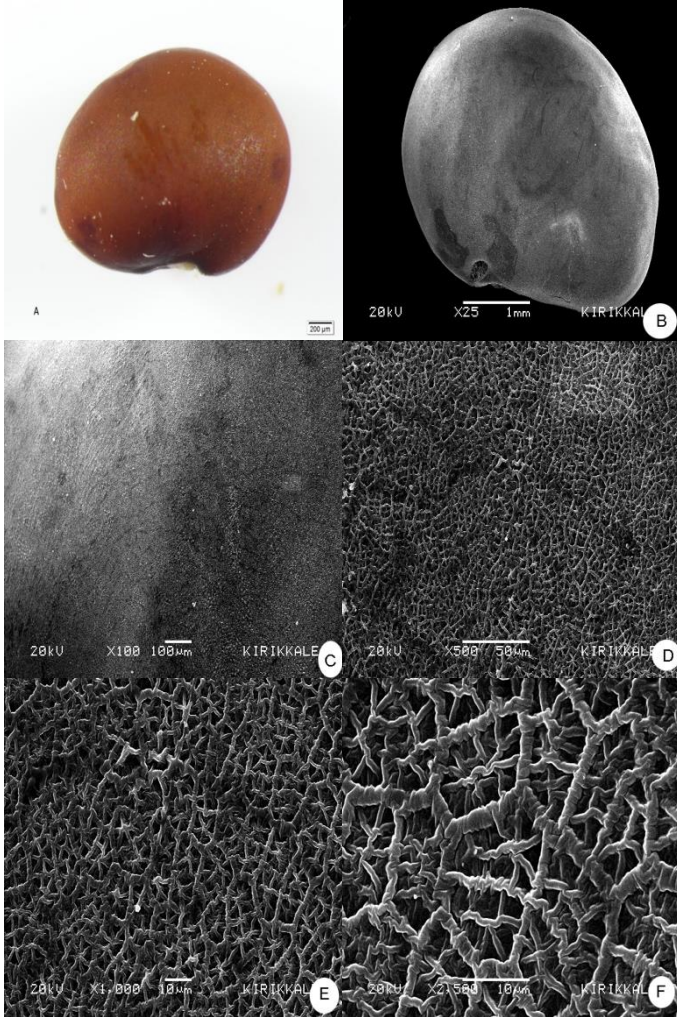
Meyvenin tamamı adressed piloz tüylüdür; kenar triangular tabanlı, en çok 3 mm boyunda, 3 adet sert dikenli; disk üzerindeki dikenler kenardakilerden daha kısadır. Meyve boyutları 4-6 × 3-5 mm'dir. Tohumlar transversal ovat şeklinde olup genellikle kestanemsi kahve renklidir. Tohum boyutları 1.332 × 2.217 mm'dir. Tohum yüzey yapısı düzensiz ve sık akulat-verrukat tiptedir (Şekil 10).



Şekil 10. *Onobrychis lasiostachya* Boiss. : A. Tohumun stereo mikroskobunda görünümü. B. Tohumun SEM’de genel görünümü. C, D, E, F. SEM’de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis viciifolia* Scop.**

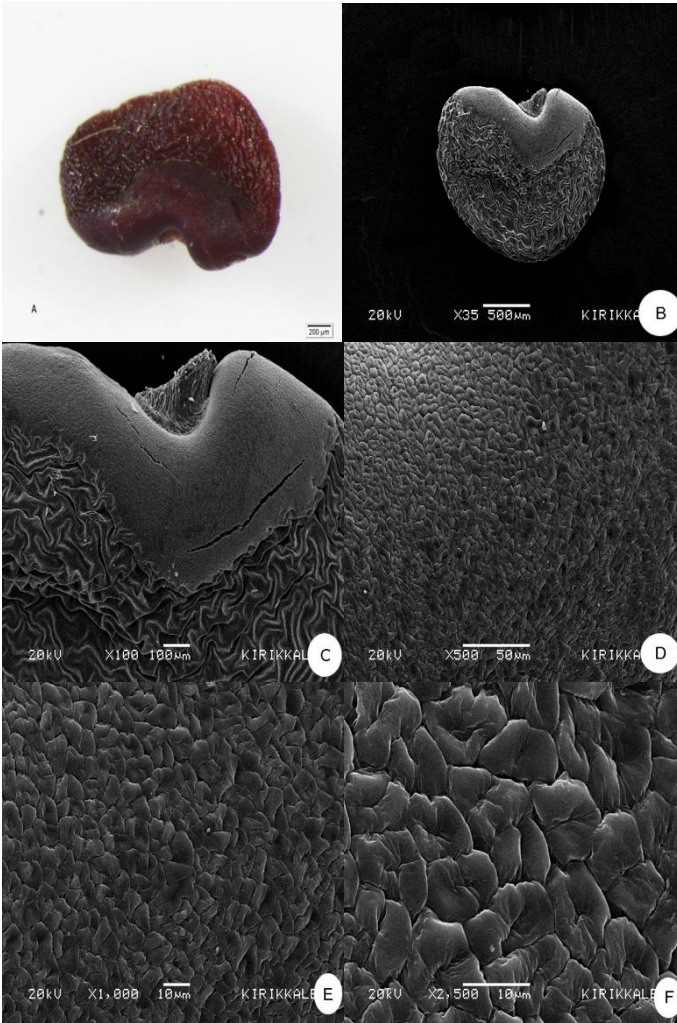
Meyve piloz tüylüdür; disk ve kenar kısa dişli veya kenar belli belirsiz kısa dişlidir. Meyve boyutları 5-8 × 3.5-5 mm'dir. Tohumlar geniş ellipsoid şeklinde olup açık kestanemsi kahve renklidir. Tohum boyutları 1.570 × 2.080 mm'dir. Tohum yüzey yapısı retikulat-foveat görünümündedir (Şekil 11).



Şekil 11. *Onobrychis viciifolia*: A. Tohumun stereo mikroskobunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

Onobrychis oxyodonta* Boiss. var. *oxyodonta

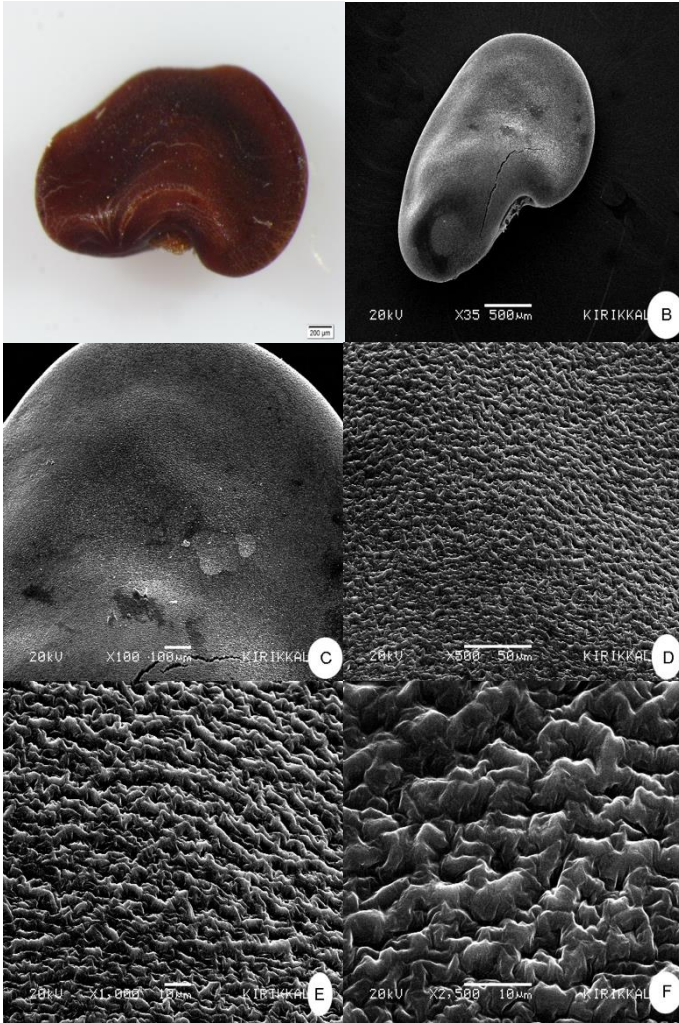
Meyve semiorbikular, kısa adressed piloz tüylü; kenar en çok 3 mm boyunda, 3-5 adet sivri dikenli; disk kenardaki dikenler kadar veya tamamen dişsiz; meyvenin kenarı en çok 1.5 mm boyunda dikenli, diskin üzerindeki dişler çok kısa veya hiç yoktur. Meyve ortalama boyutları 4-5 × 3.5-4 mm'dir. Tohumlar dar asimetrik reniform şeklinde olup genellikle kıvılcık kahve renklidir. Tohum boyutları 1.320 × 1.923 mm'dir. Tohum yüzey yapısı rugoz-favulariat görünümündedir (Şekil 12).



Şekil 12. *Onobrychis oxyodonta* var. *oxyodonta*: A. Tohumun stereo mikroskopunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis oxyodonta* Boiss. var. *armena* (Boiss. & Huet) Aktoklu**

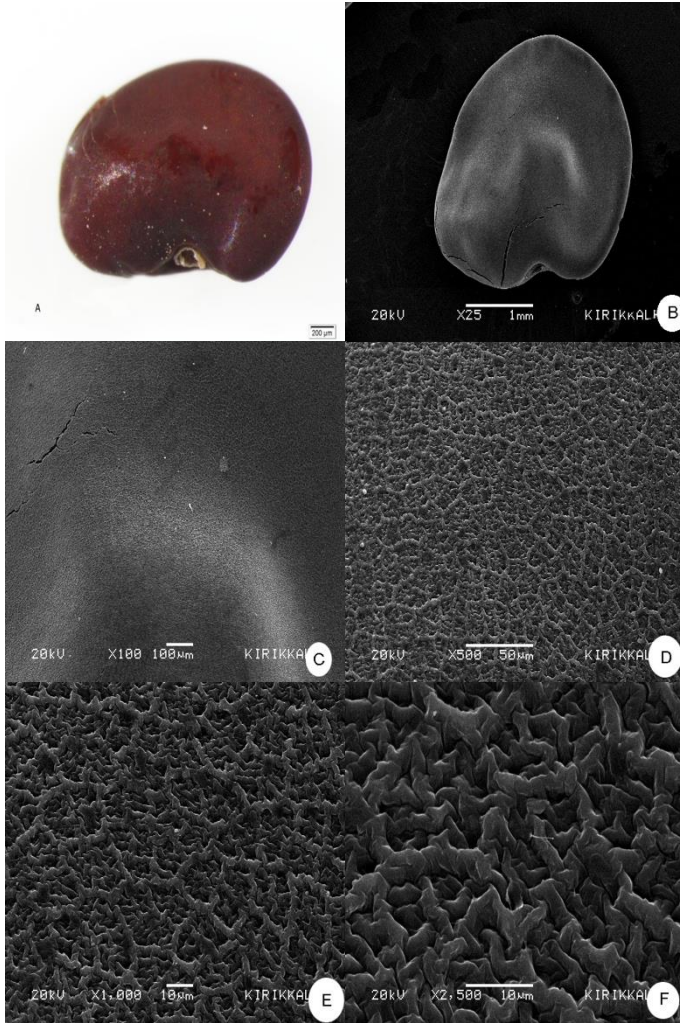
Meyve semiorbikular, kısa adressed piloz; kenar en çok 3 mm boyunda 3-5 adet sivri dikenli; disk kenardaki dikenler kadar veya tamamen dışsız. Meyvenin diski ve kenarı 3 mm'ye kadar hemen hemen eşit boyda dikenlidir. Meyve boyutları 4-5 × 3.5-4 mm'dir. Tohumlar dar reniform şeklinde olup genellikle kestanemsi kahve renklidir. Tohum boyutları 1.478 × 2.390 mm'dir. Tohum yüzey yapısı rugoz-favulariat görünümündedir (Şekil 13).



Şekil 13. *Onobrychis oxyodonta* var. *armena*: A. Tohumun stereo mikroskobunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis hajastana* Grossh.**

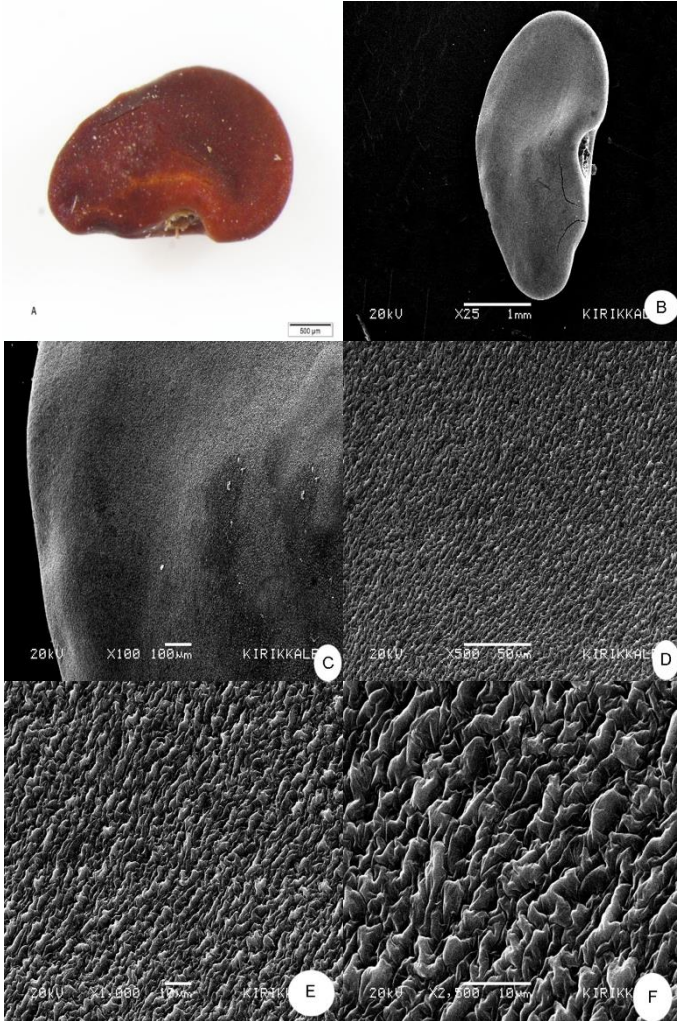
Meyve semiorbikular, kısa piloz tüylüdür; kenar 1-1.5 mm boyunda 3-4 dentikulat dişli; disk daha kısa dentikulat dişlidir. Meyve boyutları 5-6 × 3-4 mm'dir. Tohumlar ellipsoid, dar asimetric reniform şeklinde olup genellikle kıvılcık kahve renklidir. Tohum boyutları 1.542 × 2.208 mm'dir. Tohum yüzey yapısı retikulat-foveat görünümündedir (Şekil 14).



Şekil 14. *Onobrychis hajastana*: A. Tohumun stereo mikroskopunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis altissima* Grossh.**

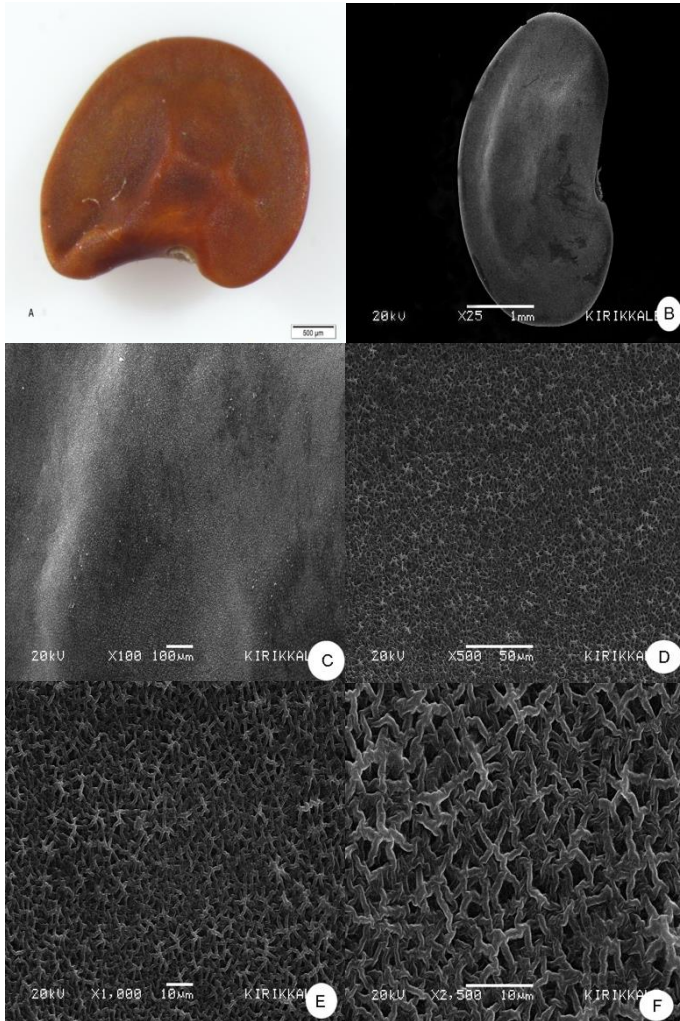
Meyve suborbikular, faveolat, kısa adressed piloz tüylüdür; disk tamamen dişsiz; kenar en çok 0.5 mm boyunda dişli veya kısa tüberküllüdür. Meyve boyutları 5-7(-8) × 3.5-5 mm'dir. Tohumlar transversal ovat şeklide olup genellikle kestanemsi kahve renklidir. Tohum boyutları 1.722 × 3.020'dir. Tohum yüzey yapısı rugoz-favulariat görünümündedir (Şekil 15).



Şekil 15. *Onobrychis altissima*: A. Tohumun stereo mikroskobunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

Onobrychis cilicica Kit Tan & Sorger

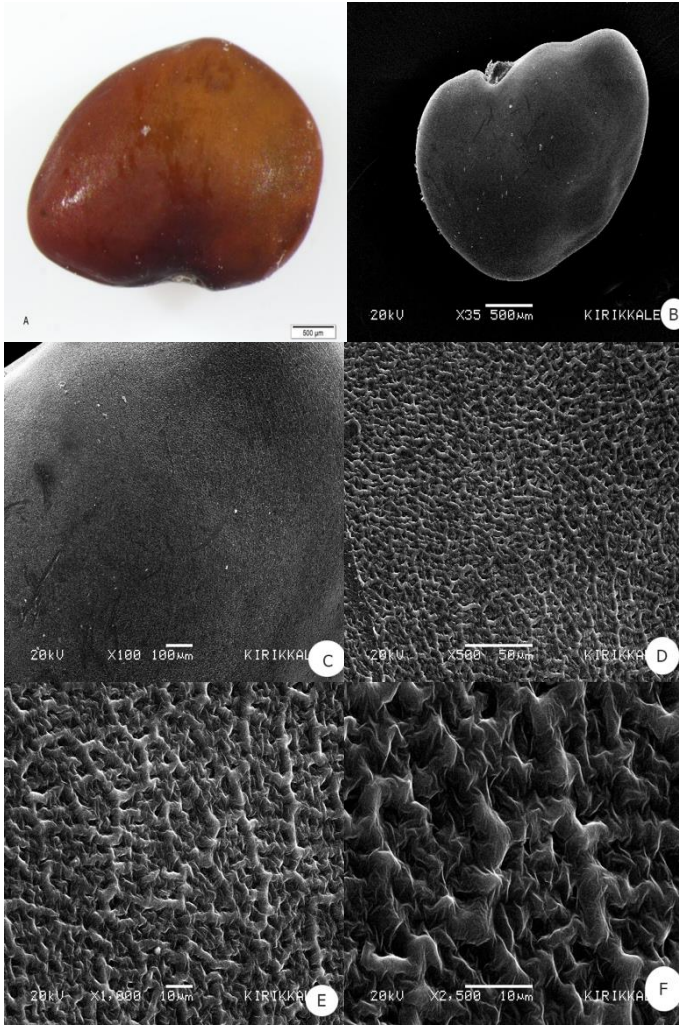
Meyve yoğun piloz tüylü; kenar ve disk üzerindeki dişler yaklaşık 2 mm boyunda, hafifçe kıvrıktır. Meyve ortalama boyutları 7-8(-9) × 4.5-5 mm'dir. Tohumlar ellipsoid, asimetrik reniform, genellikle tarçın renklidir. Tohum boyutları 2.415 × 3.310 mm'dir. Tohum yüzey yapısı düzensiz retikulat görünümündedir (Şekil 16).



Şekil 16. *Onobrychis cilicica*: A. Tohumun stereo mikroskobunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis paucijuga* Bornm.**

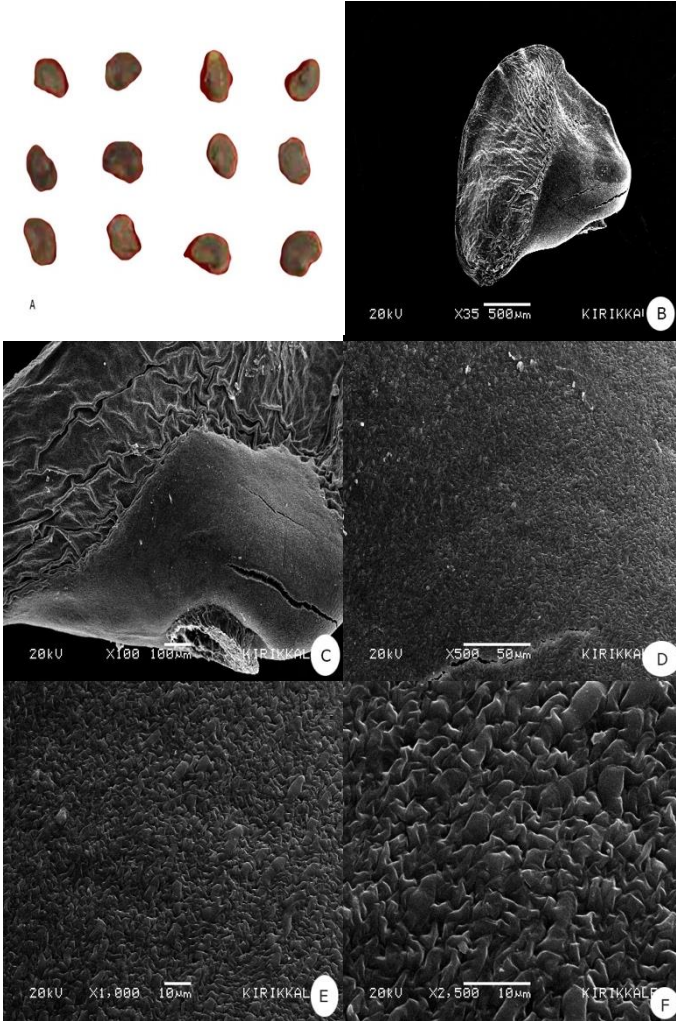
Meyve yoğun adressed piloz tüylü; kenar disktekilerden daha uzun, ince ve narin, geniş tabanlı, yaklaşık 2 mm boyunda, (3-) 4-6 adet dikenli; disk 4-5 adet dikenlidir. Meyve boyutları 8×5 (-6) mm'dir. Tohumlar geniş asimetrik ovat şeklinde olup genellikle tarçın renklidir. Tohum boyutları 2.460×3.649 mm'dir. Tohum yüzey yapısı düzensiz retikulat tiptedir (Şekil 17).



Şekil 17. *Onobrychis paucijuga*: A. Tohumun stereo mikroskobunda görünümü. B. Tohumun SEM’de genel görünümü. C, D, E, F. SEM’de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis occulta* Hedge & Hub.-Mor.**

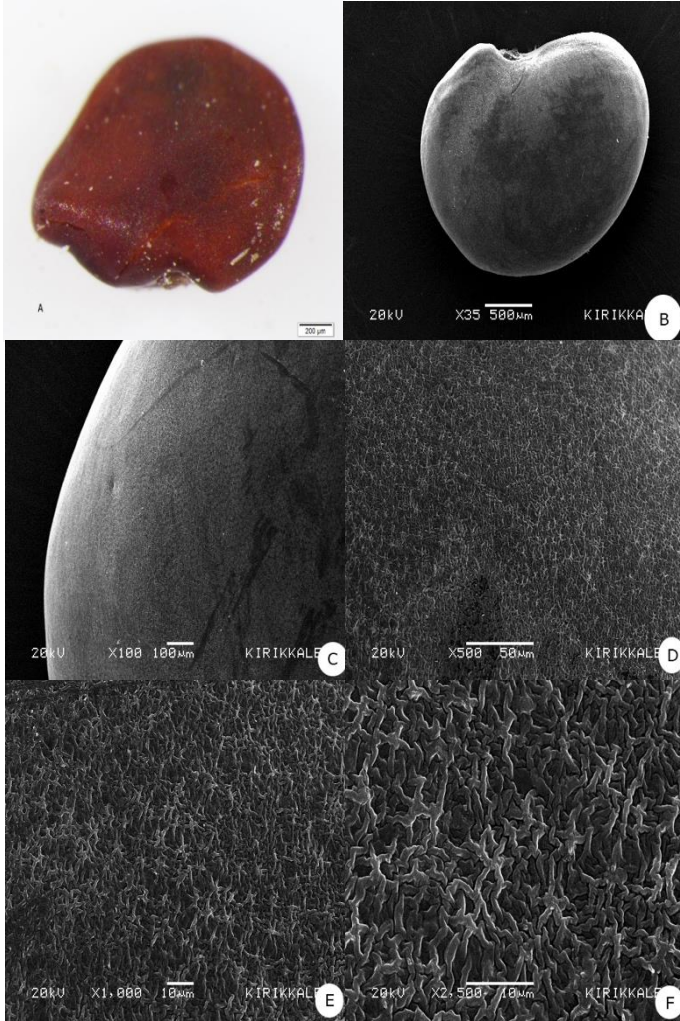
Meyve hemen hemen suborbikular, kısa adpressed piloz tüylü; kenarda 4-5 adet, en çok 1.5 mm boyunda, triangular-linear dişli; disk daha kısa ve ince dikensi dişlidir. Tohumlar geniş ellipsoid-ovate şeklinde olup genellikle açık kestanemsi kahve renklidir. Tohum boyutları 2.930×3.850 mm'dir. Tohum yüzey yapısı rugoz-favulariat görünümündedir (Şekil 18).



Şekil 18. *Onobrychis occulta*: A. Tohumun stereo mikroskopunda görünümü. B. Tohumun SEM'de genel görünümü. C, D, E, F. SEM'de tohum yüzey yapısı.

***Onobrychis germanicopolitana* Hub.-Mor. & Simon**

Meyve semiorbikular, kısa adressed piloz tüylü; kenar disktekilerden daha uzun, 0.3-1 mm boyunda, 1-3 dentikulat dişlidir. Meyve boyutları 4×3 mm'dir. Tohumlar geniş ovat, kestanemsi kahve renklidir. Tohum boyutları 1.258×1.707 mm'dir. Tohum yüzey yapısı düzensiz retikulat görünümündedir (Şekil 19).

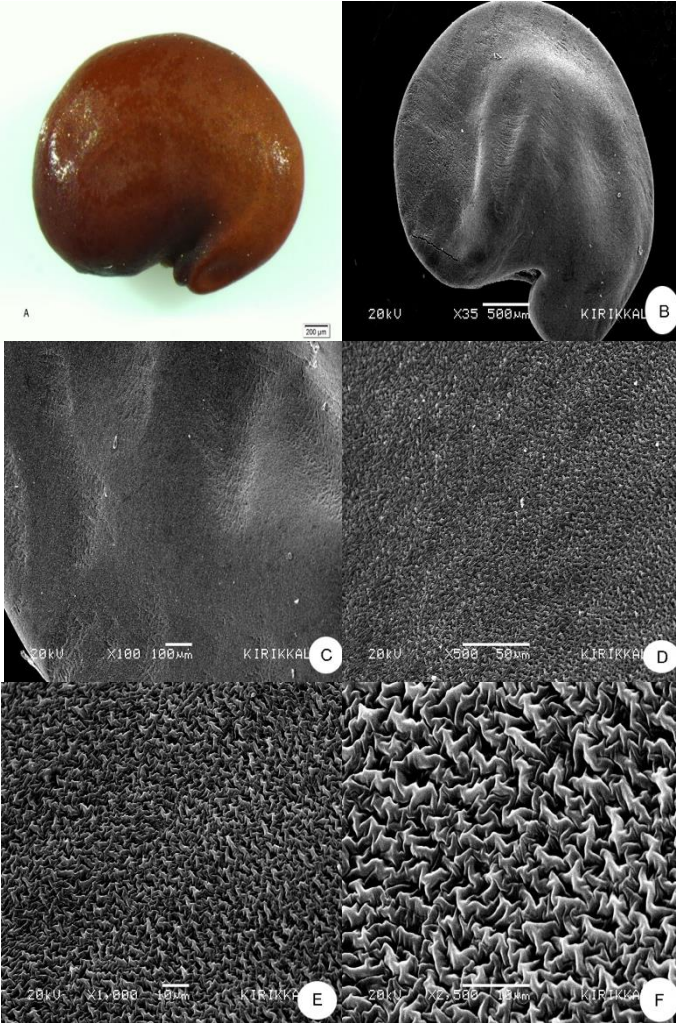


Şekil 19. *Onobrychis germanicopolitana*: A. Tohumun stereo mikroskobunda görünümü. B. Tohumun SEM’de genel görünümü. C, D, E, F. SEM’de tohum yüzey yapısı.

Seksiyon: *Heliobrychis* Bunge

Onobrychis argyrea Boiss. subsp. *argyrea*

Meyve suborbikular, yoğun ve uzun piloz tüylü; disk ve kenarı yaklaşık 4 mm boyunda çok sayıda dikenlerle kaplıdır. Meyve yaklaşık 9×7 mm'dir. Tohumlar ovat, simetrik reniform şeklinde olup genellikle tarçın renklidir. Tohum boyutları 3.167×4.190 mm'dir. Tohum yüzey yapısı düzensiz ve sık akulat-verrukat görünümündedir (Şekil 20).



Şekil 20. *Onobrychis argyrea* subsp. *argyrea*: A. Tohumun stereo mikroskobunda görünümü. B. Tohumun SEM’de genel görünümü. C, D, E, F. SEM’de tohum yüzey yapısı.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada *Heliobrychis*, *Lophobrychis* ve *Onobrychis* seksiyonlarına ait 20 taksonun tohum morfolojileri incelenmiştir. Bu taksonlardan *Onobrychis argyrea* subsp. *argyrea*, *Onobrychis beata*, *Onobrychis cilicica*, *Onobrychis densijuga*, *Onobrychis fallax* var. *fallax*, *Onobrychis germanicopolitana*, *Onobrychis mutensis*, *Onobrychis occulta*, *Onobrychis oxyodonta* var. *armena*, *Onobrychis paucijuga* ve *Onobrychis stenostachya* subsp. *sosnowskyi* endemiktir. Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı'nda (Ekim ve ark., 2000) göre *Onobrychis* seksiyonunda olan türlerden *Onobrychis beata*, *Onobrychis cilicica*, *Onobrychis densijuga*, *Onobrychis paucijuga* ve *Onobrychis stenostachya* subsp. *sosnowskyi* türleri VU kategorisinde yer almaktadır yani bu türler yakın gelecekte yok olma riski taşımaktadır. *Onobrychis germanicopolitana* ve *Onobrychis occulta* türleri EN kategorisinde yer almaktadır yani bu türler oldukça yüksek risk altındadır. *Onobrychis mutensis* türü ise CR kategorisinde çok tehdit altında yani bu tür yakın gelecekte yok olma riski taşımaktadır. Diğer türlerden *Heliobrychis* seksiyonundaki *Onobrychis argyrea* subsp. *argyrea* ile *Onobrychis oxyodonta* var. *armena* ve *Onobrychis fallax* var. *fallax* türleri ise LR kategorisinde yer almaktadır yani az tehdit altındadır (Ekim ve ark., 2000).

Onobrychis cinsine ait morfolojisi, anatomisi ve karyolojisi ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Cinsin tohum yüzeyi ile ilgili çalışma sayısı sınırlıdır.

Özcan (2006) *Onobrychis* cinsine ait 11 taksonun (*Onobrychis aequidentata*, *Onobrychis armena*, *Onobrychis oxyodonta*, *Onobrychis altissima*, *Onobrychis argyrea* subsp. *isaurica*, *Onobrychis atropatana*, *Onobrychis huetiana*, *Onobrychis subacaulis*, *Onobrychis hypargyrea*, *Onobrychis galegifolia*, *Onobrychis nitida*) tohum yüzeylerini SEM ile incelemiştir. İncelenen örnekler arasında yer alan *Onobrychis aequidentata*, *Onobrychis oxyodonta* var. *armena*, *Onobrychis oxyodonta* var. *oxyodonta* ve *Onobrychis altissima* türleri bizim çalışmamızda da incelenmiştir. Özcan (2006) *Onobrychis aequidentata* türünün ruminat-retikulat tipte olduğundan ve yüzey yapısının yükselti ve alçaltı özellik gösteren aşınmış bir ağ gibi olduğundan bahsetmiştir. Bizim çalışmamızda ise *Lophobrychis* seksiyonundaki türlerden *Onobrychis aequidentata* ve *Onobrychis crista-galli* türlerinin yüzey yapısının düzensiz ve sık akulat-verrukat olduğu tespit

edilmiştir. Özcan (2006) *Onobrychis oxyodonta* türünün rugoz-favulariat, *Onobrychis armena* türünün ise rugoz-retikulat olduğunu belirtmiştir. Bizim araştırmamızda *Onobrychis oxyodonta* var. *armena* ve *Onobrychis oxyodonta* var. *oxyodonta* türünün her ikisinin de rugoz-favulariat yüzey yapısına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar *Onobrychis oxyodonta* sonucuyla uyum göstermektedir.

Özkan ve ark. (2015) *Onobrychis albiflora*, *Onobrychis cappadocica*, *Onobrychis galegifolia* ve *Onobrychis tournefortii* türlerinin tohum morfolojilerini SEM ile incelemişlerdir. İncelenen tohumların boyut, şekil, renk ve ornamentasyon bakımından farklılıklara sahip oldukları belirtilmiş ve türlerin tohum yüzeyleri retikulat ve rugulat olarak tespit edilmiştir. Bizim incelediğimiz tohum örneklerde en fazla rastladığımız yüzey morfolojisi retikulattır.

Atasagun ve Aksoy (2018) Erciyes Dağı endemiği olan *Onobrychis argaea* türünün tohum morfolojisini incelemişlerdir. Bu çalışmada türün tohum özellikleri reniform ve yanlardan basık, sarımsı kahve renkli, suboblat (P/E = 0.77) ve rugulat şeklinde betimlenmiştir. Bizim çalışmamızda *Onobrychis beata*'da rugoz-retikulat, *Onobrychis altissima*, *Onobrychis occulta*, *Onobrychis oxyodonta* var. *oxyodonta* ve *Onobrychis oxyodonta* var. *armena* türlerinde ise rugoz-favulariat tip yüzey morfolojisine rastlanmıştır.

Akçin ve Kocaman (2018) endemik türlerimizden biri olan *Onobrychis huetiana* Boiss türünün mikromorfolojik karakterlerini çalışmışlardır. Türün yaprağı, kaliksi ve tohumu SEM ile incelemiş ve mikromorfolojik karakterler sunulmuştur.

Stereo ve taramalı elektron mikroskobu ile yapılan çekimler ve incelemeler sonucunda çalışılan örneklerden *Onobrychis aequidentata*, *Onobrychis argyrea* subsp. *argyrea*, *Onobrychis crista-galli*, *Onobrychis densijuga* ve *Onobrychis lasiostachya* türlerine ait tohumların düzensiz ve sık akulat-verrukat yüzey yapısına sahip olduğu görülmüştür. *Onobrychis cilicica*, *Onobrychis fallax* var. *fallax*, *Onobrychis germanicopolitana*, *Onobrychis mutensis* ve *Onobrychis paucijuga* türlerinin düzensiz retikulat, *Onobrychis gracilis*'in ise düzenli retikulat yüzey yapısına sahip olduğu gözlenmiştir. *Onobrychis altissima*, *Onobrychis occulta*, *Onobrychis oxyodonta* var. *oxyodonta* ve *Onobrychis oxyodonta* var. *armena* türlerine ait tohumların yüzey yapısının rugoz-favulariat tipte olduğu belirlenmiştir.

Onobrychis caput-galli, *Onobrychis hajastana*, *Onobrychis stenostachya* subsp. *sosnowskyi* ve *Onobrychis viciifolia* türlerine ait tohumların yüzey yapısının retikulat-foveat olduğu tespit edilmiştir. *Onobrychis beata* türünün ise tohum yüzeyinin rugoz-retikulat tipte olduğu görülmüştür.

İncelenen taksonların genel durumlarını değerlendirecek olursak *Lophobrychis* seksiyonunda yer alan türlerden *Onobrychis aequidentata* ve *Onobrychis crista-galli* türlerinin yüzey yapılarının aynı olduğu gözlenmiştir. *Onobrychis* seksiyonunda yer alan 16 türden bazılarının birbirleriyle aynı yüzey yapısına sahip olduğu görülmüştür. Bu yüzey yapılarının düzensiz, düzenli rugoz tipte, retikulat yapıda olduğu, bazılarında rugoz-favulariat ve bazılarında ise düzensiz ve sık akulat, verrukat yüzey yapısına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Onobrychis cinsinin tayininde meyve ve tohumun genel morfolojisinin yeterli olmadığı durumlarda farklı özellik ve özgün yapılar sergileyen tohum mikromorfolojisinin ilave parametrelerle kullanışlı bilgiler verebileceği ve tür ve tür altı taksonların ayırt edilmesinde bu bilgilerin önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışma ile *Onobrychis* cinsine ait türlerin hem stereo mikroskobunda hem de taramalı elektron mikroskobunda belirlenen yüzey yapıları ile taksonlar arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Seksiyonlar içinde yer alan tür ve tür altı kategorilerde yakın epidermal benzerlikler olduğu göze çarpmıştır. Özellikle bu çalışma sonucunda cinse ait türlerin tohum yapıları, şekilleri, boyutları ve yüzey şekilleri hakkında detaylı bilgiler verilerek bundan sonraki çalışmalara referans olacağını ve cinsin sistematik açıdan daha iyi tanıtılmasına katkı sağlayacağını ümit ediyoruz.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ayşe Neslihan ÖZKAN'ın yüksek lisans tez çalışmasının bir parçasıdır. Tohum örneklerinin teminini sağlayan Dr. Ekrem AKTOKLU'ya teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Akçin, T.A., Kocaman, E., 2018, Micromorphological Properties of Endemic *Onobrychis huetiana* (Fabaceae) from Turkey, *International Ecology 2018 Symposium*, 19-23 Haziran, Kastamonu, 800.
- Aktoklu, E., 2001, Two new varieties and a new record in *Onobrychis* from Turkey, *Turkish Journal of Botany*, 25: 359-363.
- Aktoklu, E., 1995, *Türkiye’de yetişen Onobrychis Miller (Fabaceae) türlerinin revizyonu*, Doktora, T.C. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Al-Gohary, I.H., Mohamed, A.H., 2007, Seed morphology of *Acacia* in Egypt and its taxonomic significance, *Int J Agr Biol*, 9, 435-438.
- Atasagun, B., Aksoy, A., 2018, Pollen and Seed Morphology of *Onobrychis argaea*, *International Ecology 2018 Symposium*, 19-23 Haziran, Kastamonu, 765.
- Avcı, M., 2005, Çeşitlilik ve Endemizm açısından Türkiye’nin Bitki Örtüsü, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, 13, 27-55.
- Aybeke, M., Dane, F., 2017, *Onobrychis mehmetchiquii* (Fabaceae) sp. nov, a new species from European Turkey, *Phytotaxa*, 298 (1), 96-100.
- Aytaç, Z., Kaptaner İğci, B., 2012. *Bitki Sistematiği* (Plant Systematics, 2nd. Ed.,M.G. Simpson, 2010’dan çeviri) Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Aytaç, Z., Rabaute, P., Coulot, P. 2020, *Onobrychis silvanensis* sp. nov., a new Fabaceae (sect. *Hymenobrychis*) taxon from Turkey, *Phytotaxa*, 477 (2), 253-260.
- Boissier, P.E., 1849, *Diagnose Series*. 1 (9): 105-109.
- Boissier, P.E., 1856, *Diagnose Series*. 2 (2): 35-37.
- Boissier, P.E., 1859, *Diagnose Series*. 2 (6): 61-65.
- Davis, P.H., Hedge, I.C., 1975, The Flora of Turkey: Past, Present and Future, *Candollea*, 30, 331-351.
- Davis, P.H., Mill, R.R., Tan, K., (edlr.), 1988, *Flora of Turkey and the East Aegean Islands, suppl. 1*, Edinburgh Univ. Press, UK.
- Demir, T.D., 2014, *Türkiye’de Yayılış Gösteren Globularia L. (Globulariaceae) Türlerinin Tohum Morfolojisi*, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi. Fen Bil. Enstitüsü.

- Dinç, M., Kaya, A., Duran, A., 2013, Seed morphology of some *Genista* taxa growing in Turkey, *Biological Diversity and Conservation*, 6 (2), 77-83.
- Duman, H., Vural, M., 1990, New taxa from south Anatolia 1, *Turkish Journal of Botany*, 14: 45-48.
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z., Adıgüzel, N., 2000, Red Data Book of Turkish Plants, Türkiye Tabiatını Koruma Derneği ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ankara.
- Hedge, I.C., 1970, *Onobrychis*, In: Davis, P.H. (ed.). Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Edinburgh Univ. Press, UK, 560-589.
- Kaya, A., Dirmenci, T., 2008 Nutlet surface micromorphology of the genus *Nepeta* L. (Lamiaceae) in Turkey, *Turkish Journal of Botany*, 32, 103-112.
- Külköylüoğlu, G., Yıldız, K., Minareci, E., 2009, *Minuartia anatolica* var. *anatolica* ve *M. pestalozzae* türleri üzerine morfolojik, karyolojik ve palinolojik bir çalışma, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2 (2), 49-57.
- Lersten, N.R., Gunn, C.R., 1981, Seed morphology and Testa Topography in *Cicer* (Fabaceae: Faboideae), *Syst Bot*, 6, 223-230.
- Lewis, G., Schrire, B., Barbara, M., Lock, M., (eds), 2005, *Legumes of the World*, Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
- Mabberley, D.J., 1997, *The plant book*, Cambridge University Press, 2nd ed, Cambridge, UK.
- Noori, M., Dehshiri, M.M., Sharifi, M., 2014, Numerical taxonomy of *Onobrychis* Miller Hedysareae, Fabaceae) from Markazi Province, Iran using pod and seed morphological characters, *International Journal of Modern Botany*, 4 (2), 40-47.
- Özcan, T., 2006, Türkiye'deki Bazı *Onobrychis* Adans. (Leguminosae) Taksonlarının Tohum Yüzeylerinde Mikromorfolojik Gözlemler, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 56 (2), 163-175.
- Özkan, M., Aktoklu, E., Özdemir, C., 2015, Seed Morphology in *Onobrychis* Miller Section *Hymenobrychis* DC, from Turkey, *Planta Daninha*, 33 (4), 699-705.
- Shemetova, T., Erst, A., Wang, W., Xiang, K., Vural, C., Aytaç, Z., 2018, Seed morphology of the genus *Astragalus* L. from North Asia, *Turkish*

- Journal of Botany*, 42, 710-721.
- Vladimirov, V., Dane, F., Stevanović, V., Tan, K., 2007, New floristic records in the Balkans: 6, *Phytologia Balcanica*, 13 (3), 433-455.
- Yıldırım, Ş., 2004, A new species and subspecies of *Onobrychis*, *O. cigdemae* and *O. cigdemae* subsp. *gorkemii* (Fabaceae) from Şırnak, Turkey, *Ot Sist Bot Derg*, 11:1-10.
- Zorić, L., Merkulov, L., Luković, J., Boža, P., 2010, Comparative seed morphology of *Trifolium* L. Species (Fabaceae). *Period Biol*, 112, 263-272.

BÖLÜM 8

TÜRKİYE'DE YETİŞTİRİLEN YAĞLI TOHUMLU BİTKİLER VE MEVCUD DURUMU

Doç. Dr. İsmail DEMİR¹

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Kırşehir, Türkiye. ismail.demir@ahievran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-8950-5253

GİRİŞ

Yağ, protein, karbonhidrat ve çeşitli vitaminler insan yaşamının devamında ihtiyaç duyulan önemli besin öğeleridir. Farklı yaşam şartlarına göre tüketiminde farklılıklar gösterse de sağlıklı olarak günlük aktivitelerin yerine getirilmesinde günlük tüketilmesi zorunlu olmaktadır. Özellikle bu besin öğeleri içerisinde kalori değeri karbonhidrat ve proteinden yüksek olan yağlar günlük enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli yeri vardır. Doğada yağlar hayvansal ve bitkisel kökenli olarak farklı şekil ve oranlarda tüketilmektedir. Hayvansal kökenli olan yağların doymuş yağ asitleri oranının yüksek olması nedeniyle oda sıcaklığında katı halde bulunmaları nedeniyle katı yağlar olarak da nitelendirilmektedir. Ayrıca doymuş yağ asit oranının yüksek olması insan sağlığı açısından olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bitkisel yağlarda ise doymamış yağ asit oranının yüksek olması oda sıcaklığında sıvı halde bulunması nedeniyle sıvı yağlar olarak nitelendirilmektedir. Doymamış yağ asit oranının fazla olması yanında insan vücudunda salgılanamayan bazı yağ asitlerinin içermesi nedeniyle daha sağlıklı olmaktadır. Bu durum bitkisel yağların hayvansal yağlara göre daha fazla tercih edilme nedenlerinin başında gelmektedir. Aynı zamanda bitkisel yağların üretiminin fazla olması ve elde edilmesi hayvansal yağlara göre daha az maliyetli olması bitkisel yağların tercihindeki diğer önemli nedendir. Hayvansal yağların üretimindeki zorluklar yanında fiyat artışları gelecekte de bitkisel yağların dahada öneminin artacağını göstermektedir. Dünyada ham yağ üretimi yaklaşık 264 milyon ton olup bunun %94.4 bitkisel yağlardan sağlanırken %5.6 ise hayvansal yağlardan karşılanmaktadır (FAO, 2023). Bitkisel yağlardan özellikle yağlı tohum bitkilerin kullanılması aynı zamanda ham yağ elde edildikten sonra geriye kalan küspenin de yüksek oranda protein içermesi nedeniyle hayvan yemi olarak karma yem olarak kullanılmaktadır. Dünya karma yem üretimi 1975 yılında 300 milyon ton seviyelerinde iken 2019 yılında 1.127 milyar ton olarak gerçekleşmiştir. Karma yem üretiminde 435 milyon tonun üzerinde yağlı tohum küspesi kullanılmaktadır. Esansiyel amino asit içeriği bakımından zengin olan yağlı tohum küspeleri, özellikle, kanatlı hayvan yemlerinin üretiminde vazgeçilmez konumda olan temel yem hammaddesidir. Ayrıca, soya tohumları Tam yağlı soya (fullfat) olarak kanatlı yemlerinin üretiminde hammadde olarak oldukça fazla kullanılmaktadır. Soya ve yerfıstığı bitkilerinin köklerinde yaşayan *Rhizobium* bakterileri ile havadaki serbest azotu toprağa fikse ederler.

Bu sayede ihtiyaçları olan azotun karşılanması yanında toprağa organik madde ve azot bağladıkları için kendisinden sonra gelecek bitki içinde önemli düzeyde fayda sağlarlar (Arioğlu, 2016). Bu şekilde özellikle yağlı tohumlu bitkilerden soya ve yerfıstığı tarımı ile toprak verimliliğinde süreklilik sağlanmış olur.

Yağlı tohumlu bitkilerden soya ve yerfıstığı gibi bitkilerin proteince zengin olan sap kısımları, hayvan beslemede kullanılmaktadır. Tahıl samanları ile karşılaştırıldığında beslenme değerinin yüksek olması yanında besi hayvanlarınca da iştahla yenmektedir. Ayrıca soya, kolza gibi yağlı tohumlu bitkilerin yeşil kısımları ot veya slaj olarak değerlendirilmektedir (Arioğlu, 2016).

Yağlı tohumlu bitkiler aynı zamanda çapa bitkisi olması nedeni ile yetiştirme sırasında yabancı otlardan arındırmak ve toprağın havalandırılmasıyla önemli verim artışı sağlandığı gibi aynı zamanda sonraki bitkiler içinde önemli düzeyde yabancı ot varlığını düşmektedir. Böylece yağlı tohumlu bitkiler kendilerinden sonra ekilecek bitkilere hem havalanmış hem de yabancı ottan arınmış bir toprak bırakırlar.

Yağlı tohumlu bitkilerden ayçiçeği ve kolza çiçeklenme döneminde arılar için çok cazibedici olduğundan arıcılıkta önemli bitkilerdendir. Ayrıca bu bitkilerin çiçeklenme süreleri de arıcılık için önemlidir. . Kolza bitkisinin erken çiçeklenmesi ve süresinin uzun olması yağlı tohumlu bitkiler içerisinde arıcılık için polen ve bal veriminde önemli avantaj sağlamaktadır.

Yağlı tohumlu bitkilerin yağı gıda amaçlı kullanımı dışında özellikle kozmetik ve sabun sanayinde kullanılmaktadır. Yağlı tohumlu bitkilerden elde edilen yağlar temizlik ürünleri ve kozmetik ürünlerde özellikle sabun, deterjan, şampuan yapımında kullanılırken ilaç sanayisi, kumaş boyaları, inşaat malzemeleri, zirai ilaç, plastik, kâğıt, mürekkep cam macunu ve tutkal üretiminde kullanılmaktadır. Son dönemlerde temiz enerji ve çevre yaklaşımı nedeniyle biodizel yapımında tüketilmektedir. Petrol fiyatları ile belirli ülkelerin ambargosunda olan petrol ürünlerine talebin azaltılması yanında çevre dostu enerji nedeniyle tüm dünyada bitkisel yağlar kullanılarak biodizel kullanımı artmıştır. Dünya biodizel üretimi 20221 yılında 44.5 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (IEA, 2022).

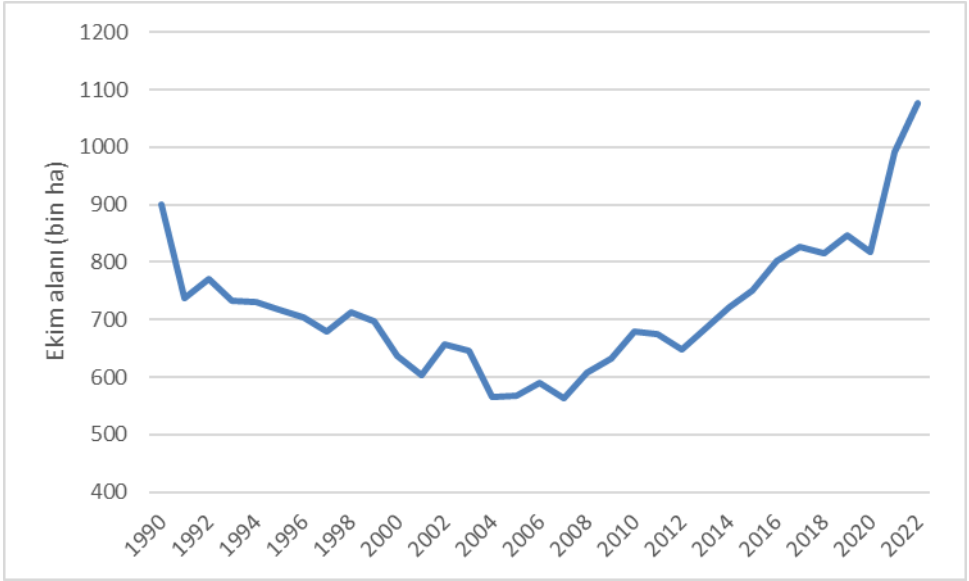
Dünya üzerinde son yıllarda bitkisel yağların üretiminde kullanılan yağlı tohumlu bitkiler (soya, kolza, ayçiçeği, pamuk çiğiti, yerfıstığı, susam, keten ve aspir) dikkate alındığında 246.1 milyon hektar alanda 565.5 milyon ton

üretim sağlanmıştır. Dünya tarımsal alanın 2020 yılında 4.74 milyar hektar olduğu ve bu alanında bitkisel yağlar için ayrılan kısmı her geçen gün artmaktadır. Yağlı tohumlu bitkilerden soya 129.5 milyon ha alanda yetiştiriciliği yapılmış ve 371.7 milyon ton üretim sağlanmıştır. Soya ekim alanı yağlı tohumlu bitkileri ekim alanı içerisinde %52'lik bir paya sahip iken üretimde ise bu oran %65.7 olarak gerçekleşmiştir. Soya bitkisini sırasıyla kolza (36.7 milyon ha), yerfıstığı (29.5 milyon ha), ayçiçeği (29.5 milyon ha), susam (12.5 milyon ha), keten (4.1 milyon ha) ve aspir (850 bin ha) takip etmektedir. Üretim bakımından soyadan sonra sırasıyla Kolza (71.3 milyon ton) ayçiçeği (58.2 milyon ton), yerfıstığı (53.9 milyon ton), susam (6.4 milyon ton) keten (3.3 milyon ton) ve aspir (6.3 milyon ton) üretimde yer almıştır. Bitkisel yağ üretiminde önemli yeri olan palm ise çok yıllık ağaç formu olduğundan bu grupta değerlendirilmemiştir. 2021 yılı verilerine göre dünyada 28.9 milyon ha alanda 416.4 milyon ton palm üretimi sağlanmıştır. 2020 yılında palm yağı 758.7 milyon ton iken soya yağı ise 585.7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Pamuk çığitinden 413.1 milyon ton, kolza tohumundan 251.8 milyon ton ve ayçiçeğinden 205.7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

Dünyada 2019 yılında yaklaşık 222.8 milyon ton bitkisel yağ üretilirken bunun yaklaşık 82.8 milyon tonu (%37.2) palm yağından, 59.9 milyon tonu (%26.9) soya yağından, 24.4 milyon tonu (%11.0) kolza ve 20.0 milyon tonu (%9.0) ayçiçeği yağından karşılanmaktadır (Demir, 2022).

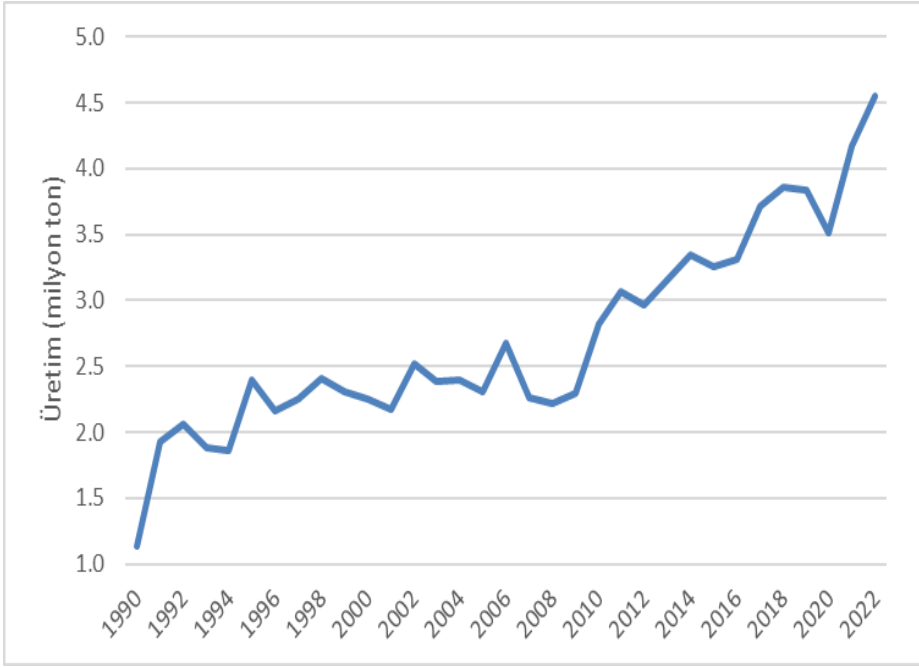
TÜRKİYE YETİŞTİRİLEN ÖNEMLİ YAĞLI TOHURLU BİTKİLERİN DURUMU

Türkiye'nin yaklaşık 38.4 milyon hektarlık tarım arazisinin tarla üretimi için 19.5 milyon hektarı kullanılmakta ve bu arazinin ise 16.5 milyon hektarı tahıllar ve diğer ürünler ekilirken 2.96 milyon hektarı ise nadas alanı olarak değerlendirilmektedir. Yağlı tohumlu bitkilerin (soya, yağlık ayçiçeği, kolza, aspir, susam, keten ve kenevir) ekim alanı 2022 yılında 1.08 milyon hektar olarak gerçekleşmiştir. Bu durumda tarla bitkileri üretim alanının (16.5 milyon ha) yaklaşık %6.5'lik kısmında yukarıda bahsettiğimiz yağlı tohumlu bitkilerin tarımı gerçekleşmektedir. Dünyada yerfıstığı yağlı tohum için üretimi fazla olmasına rağmen Türkiye'de yerfıstığı çerezlik olarak üretildiğinden buradaki hesaplamalarda yer almamıştır.



Şekil 1. Türkiye'nin 1990-2022 yılları arası yağlı tohumlu bitkiler ekim alanı değişimi (bin ha)

Türkiye'de yağlı tohumlu bitkilerin ekim anı incelendiğinde 1990'lı yıllarda başlayan azalma eğilimi 2004 yılına kadar devam etmiştir. 1990 yılında 901 bin ha olan ekim alanı yaklaşık %37.3'lük bir gerileme ile 2004 yılında 565 bin ha düşmüştür. Yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanı 2005 yılında başlayan artış 2020 yılına kadar düzenli artış ile 2004 yılına göre %44 olarak gerçekleşmiştir. 2021 yılında yağlı tohum ekim alanı 2020 yılına göre %21'lik artış ile 990 bin ha ulaşırken 2022 yılında ise 1.07 milyon hektara ulaşmıştır. 2022 yılı ekim alanı 1990 yılına göre %10'luk düzeyinde olduğu görülmektedir. Türkiye'nin tarımsal potansiyeli ve yağlı tohum ihtiyacı değerlendirildiğinde 2005 yılında başlayan artışın özellikle son iki yıldaki ivmesi dikkate alındığında yağlı tohum üretimi için önemli potansiyeli olacağı görülmektedir (Şekil 1).



Şekil 2. Türkiye'nin 1990-2022 yılları arası yağlı tohumlu bitkiler miktarı değişimi (milyon ton)

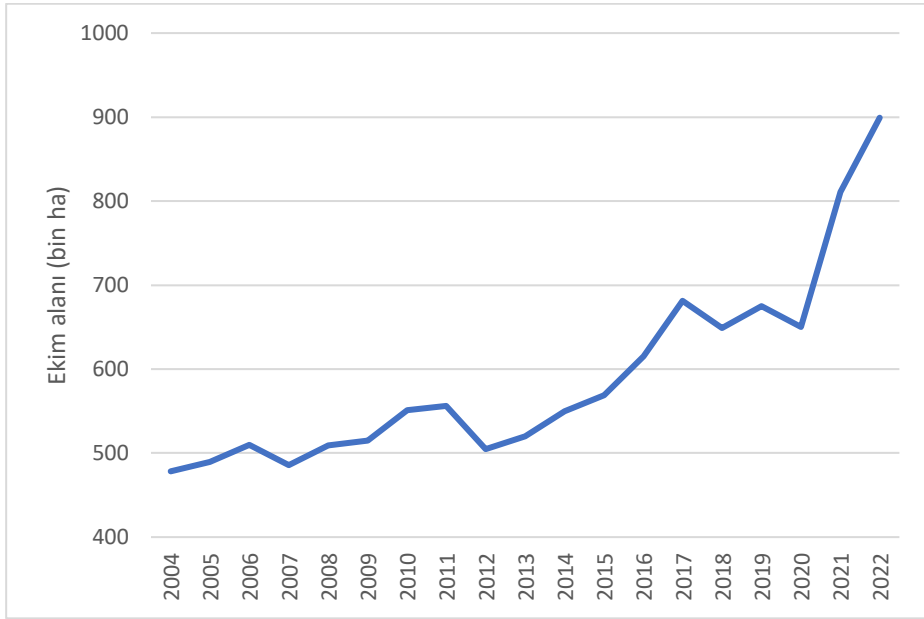
Yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanı her ne kadar 2004 yılına kadar azalma eğilimi gösterse de üretim miktarında artış görülmektedir. 1990 yılında 1.13 milyon ton olan yağlı tohum üretimi 2022 yılında %30 oranında artış ile 4.55 milyon tona ulaşmıştır (Şekil 2). Üretim miktarında düzenli artış ile birlikte bazı yıllarda yaşanan azalma eğilimi daha çok çevre koşullarındaki olumsuzluklardan kaynaklanmaktadır. En önemli azalmalardan biri olan 2007 yılında yaşanan kuraklığın önemli etkisi olmaktadır.

Dünyada tarım alanı 2002 yılından sonra önemli düzeyde artarak devam eden ayçiçeği yarı kurak ve kurak koşullarda tarımı gerçekleştirilebilen ve hibrid çeşitlerle birlikte birim alanda önemli verime ulaşabilen bir bitkidir. Yazlık olarak yetişen ve tohumlarında %35-50 aralığında ham yağ içeriği yanında %20-40 arasında karbonhidrat ve %20-30 protein içermesi nedeniyle hem tohumları hem de küspesi de önemli bir hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Canavar, et al., 2010, Baydar ve Erbaş, 2014, Demir,2019, Demir,2020). Ayçiçek yağı, %15 doymuş, %85 doymamış yağ asidi içermekte, doymamış yağ asitlerinin %14-43'ünü oleik asit, %44-75'ini linoleik asit

oluşturmaktadır. Linoleik asit, yağın doymunluğunu azaltmakta, hazmını ve kana geçmeyi kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, linoleik asit hücre zarının yapısına katılmakta ve kolesterolü düşürmektedir (Kolsarıcı ve diğ., 1995).

AYÇİÇEĞİ

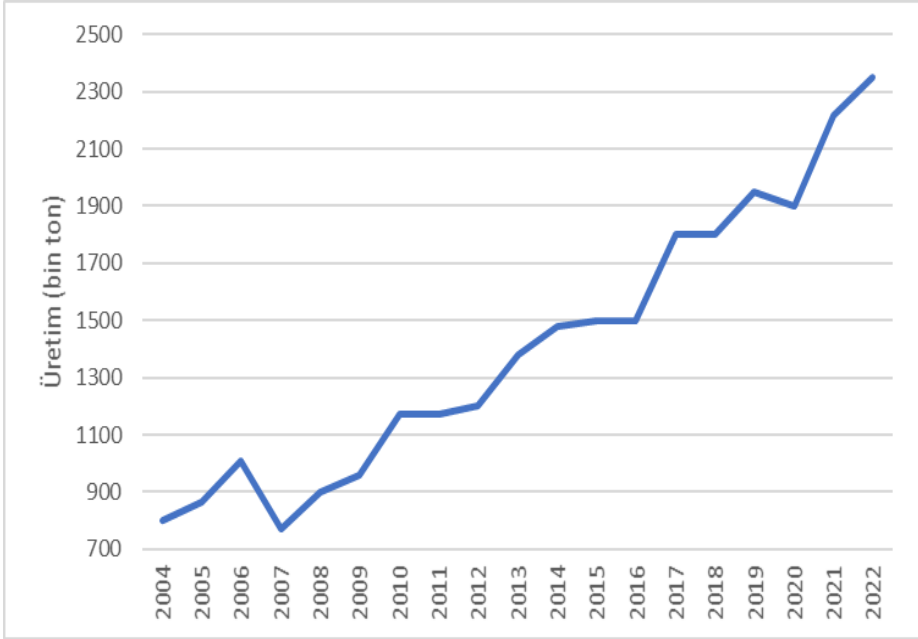
Yağlık ayçiçeği ekim alanı 2004 yılında 478 bin ha iken 2012 yılına kadar düzenli ama düşük oranda artış ile 505 bin ha ulaşmıştır. 2012 yılı sonrası artış ile 2020 yılında 650 bin ha ve son olarak 2021 ve 2022 yılında önemli düzeyde artış ile 900 bin ha ulaşmıştır. En önemli artışın olduğu yıllar ise 2017 (%10.7), 2021 (%24.7) ve 2022 (%10.9) olarak gerçekleşirken en önemli ekim alanındaki azalma ise 2012 yılında %9.2 olarak gerçekleşmiştir. Özellikle 2012 yılında ayçiçeği fiyatları bu ekim alanı azalmasında etkili olmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Türkiye'nin 2004-2022 yılları arası yağlık ayçiçeği ekim alanı değişimi (bin ha)

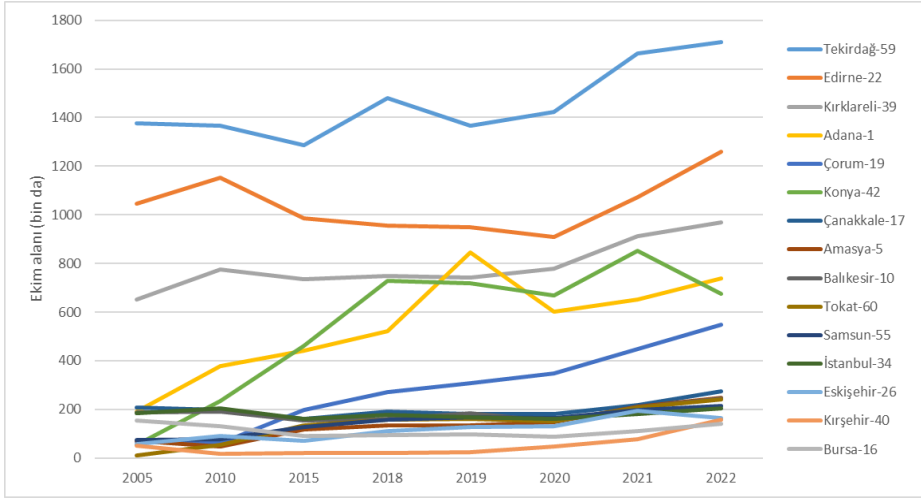
Türkiye yağlık ayçiçeği üretim miktarı ekim alanına göre artış eğiminin yüksek olduğu ve 2007 yılı dışında genelde artışın olduğu söylenebilir. 2007 yılında yaşanan olumsuz iklim koşulları özellikle kuraklık ayçiçeği üretimini olumsuz etkilemiştir. Üretim miktarı artışı bazı yıllarda özellikle 2006 (%16.8),

2010 (%21.8), 2013 (%15.0), 2017 (%20.0) ve 2021 (%16.6) önemli düzeyde artışın olduğu görülmektedir. Bu artış dışında önemli düzeyde azalma 2007 yılında %23.8 düzeyinde gerçekleşmiştir. 2004 yılında 900 bin ton olan üretim 2010 yılında 1 milyon tonu ve 2021 yılında ise 2 milyon tonu aşmış durumdadır. Ayçiçeğinin verimi ise 160 (2007) ile 292 kg/da (2020) aralığında değişmektedir. Hibrid tohum kullanımının yaygınlaşması ile birlikte yağlık ayçiçeğinde verim artışı önemli düzeyde artmaktadır.



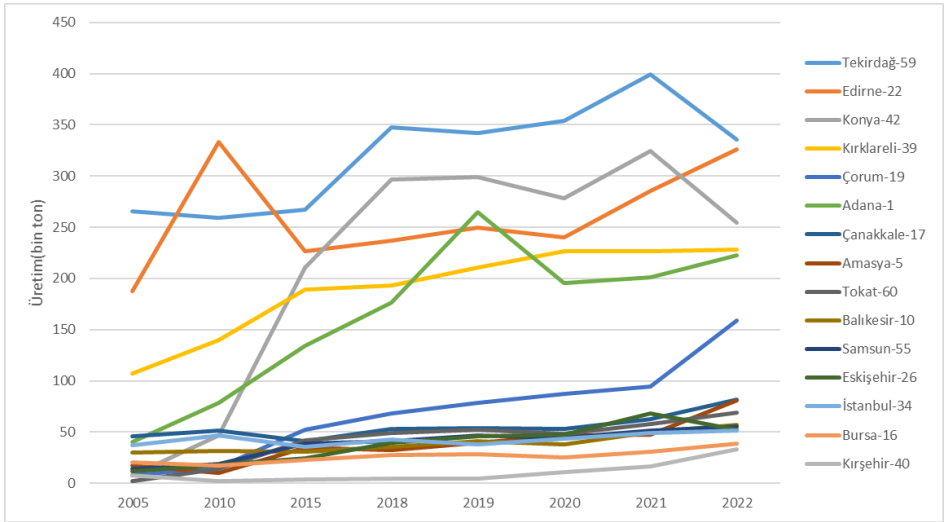
Şekil 4. Türkiye'nin 2004-2022 yılları arası yağlık ayçiçeği üretim miktarı değişimi (bin ton)

Türkiye'nin yağlık ayçiçeği üretiminde önemli ekim alanına sahip illeri ile ekim alanı değişimi Şekil 5'te verilmiştir. Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli en fazla ekim alanına sahip iller olurken Türkiye yağlık ayçiçeği ekim alanının %19'u Tekirdağ, %14'ü Edirne ve %10.8'i ise Kırklareli'nden sağlanmaktadır.



Şekil 5. Türkiye’de önemli yağlık ayçiçeği üretimi yapan ilk 15 il ve ekim alanı değişimi(bin da)

Trakya bölgesi dışında 2022 yılında en fazla ekim alanı Adana, Konya ve Çorum illerinden gerçekleşmiştir.



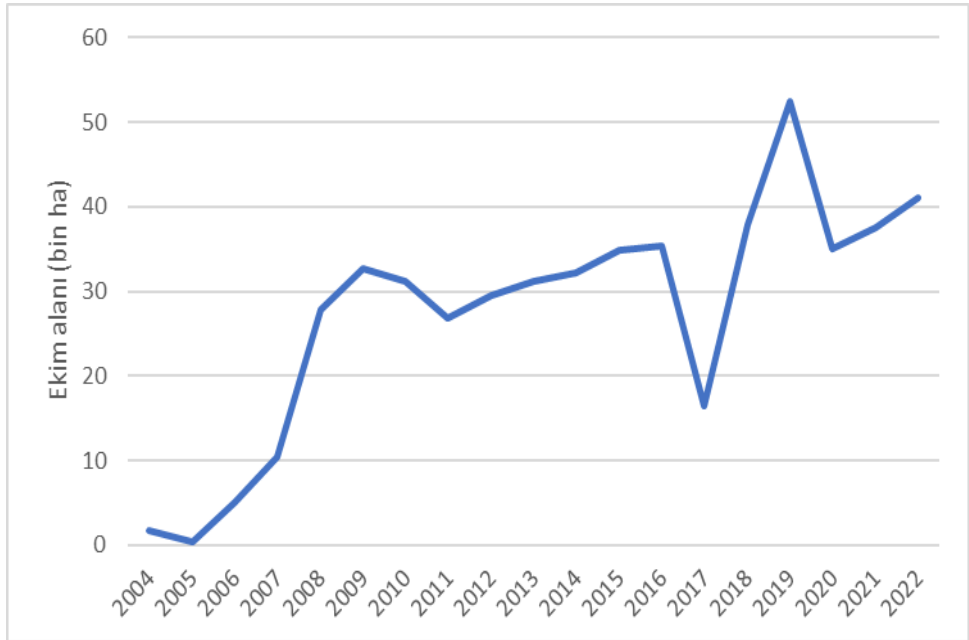
Şekil 6. Türkiye’de önemli yağlık ayçiçeği üretimi yapan ilk 15 il ve üretim miktarı değişimi(bin ton)

Yağlık ayçiçeği üretimi yapan önemli 15 il içerisinde en yüksek üretim ekim alanında olduğu gibi Tekirdağ ve Edirne illeri ilk iki sıraya yerleşirken 3.

sıraya Konya ili yerleşmiştir. Tekirdağ ve Edirne yaklaşık sırasıyla %10.3 ve %10.0 düzeyinde üretim paylarına sahip olurken Konya %7.8 düzeyinde üretimi karşılamıştır. Tekirdağ ve Konya 2022 yılında üretimi 2021 yılına göre önemli düzeyde azalma göstermiştir. Tekirdağ 2021 yılında 399 bin ton üretim yaparken 2022 yılında 335 bin tona, Konya ili ise 2021 yılında 324 bin tondan 2022 yılında 254 bin tona gerilemiştir. Konya ilinde üretimin azalması ekim alanında %21’lik azalmadan kaynaklanırken Tekirdağ ilindeki azalma ise hastalık ve iklim koşullarından kaynaklanmıştır.

KOLZA (KANOLA)

Kolza (Kanola) bitkisi Türkiye’de ekim alanı 2006 yılı öncesinde 2 bin ha altın gerçekleşirken 2006 yılından sonra artış ile birlikte 2019 yılında en yüksek değer olan 52.5 bin ha alana ulaşmıştır (Şekil 7). Kolza ekim alanı 2005, 2010, 2011, 2017 ve 2020 gibi nispi azalmaların yaşandığı yıllar dışında, genel olarak hızlı bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir.

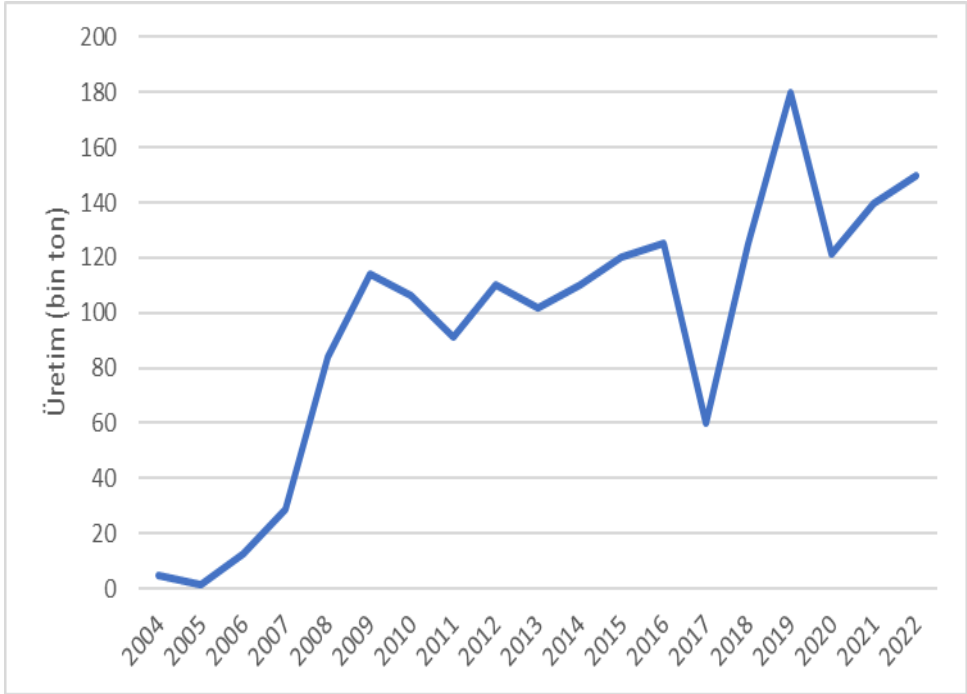


Şekil 7. Türkiye’nin 2004-2022 yılları arası kolza (kanola) ekim alanı değişimi (bin ha)

Ekim alanlarında azalmanın yaşandığı yıllarda girdi fiyatlarındaki artışların ve kolza bitkisi ile münavebeye alınabilen arpa, buğday, mısır,

mercimek ve nohut gibi alternatif ürünlerin fiyat/maliyet rasyolarının daha yüksek olmasının etkili olduğu değerlendirilmektedir (Küçük ve ark. 2021).

Kolza ekim alanına benzer şekilde üretim miktarı 2004 yılından itibaren 2005, 2010, 2011, 2013, 2017 ve 2020 yıllarında azalma ile birlikte diğer yıllarda artış eğilimi hakimdir (Şekil 8). En önemli azalma ise hem ekim alanı hem de üretimde 2017 yılında gerçekleşmiştir. 2017 yılında bu azalmanın %65'i Tekirdağ ilindeki azalma ile açıklanmaktadır. Özellikle Trakya bölgesinde kolza tarımının yaygın olması bu bölgede yaşanacak çevresel veya ekonomik tercihlere bağlı değişimlerle Türkiye kolza ekimi ve üretimini önemli düzeyde etkilemektedir.



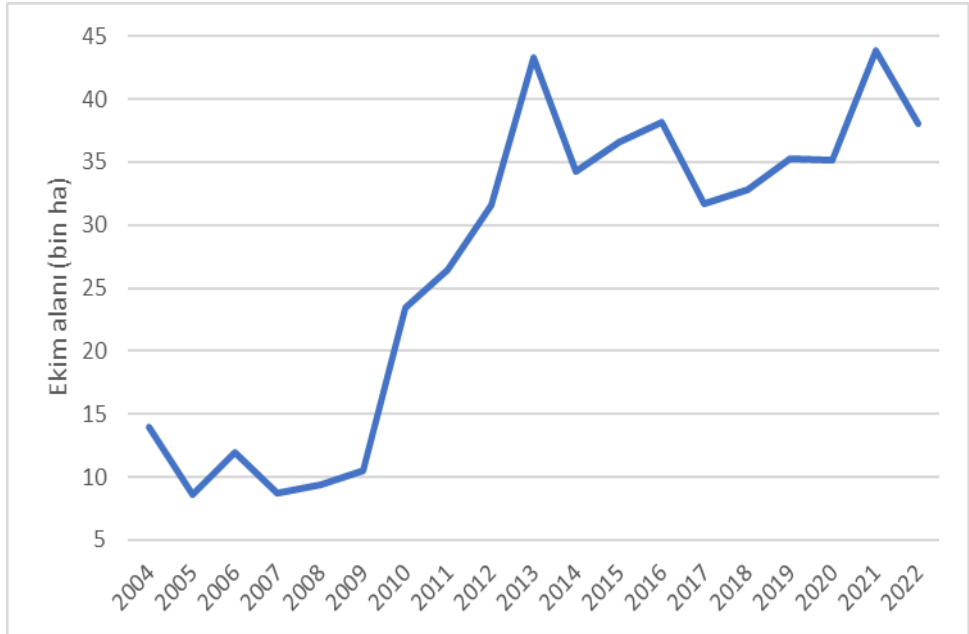
Şekil 8. Türkiye'nin 2004-2022 yılları arası kolza (kanola) üretim miktarı değişimi (bin ton)

2017 yılından sonra kolza tarımının iç bölgelere yayılması özellikle 2020 yılında Konya, Ankara ve Eskişehir illerinde tarımın yaygınlaşması ile hem ekim alanı hem de üretim önemli düzeyde artarak ani dalgalanmaların azalmıştır. 2015 yılında Tekirdağ, Edirne, Kırklareli, İstanbul, Çanakkale ve

Balıkesir illeri Türkiye ekim alanının %97 sini oluştururken 2022 yılında diğer bölgelerde ekim alanının artması ile bu oran %74'e gerilemiştir.

SOYA

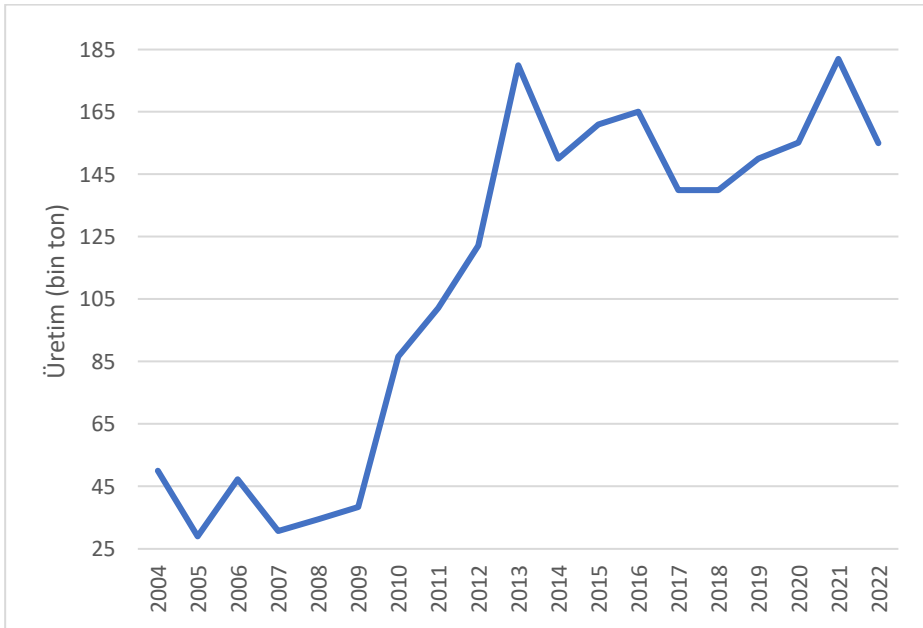
Soya fasulyesi ekimi Türkiye'de 8600 (2005) ile 43885 ha (2021) aralığında ekim alanı değişim göstermiştir. 2009 yılına kadar 15000 ha altında ekim alanına sahip iken 2010 yılında %123'lük bir artış ile 23472 ha çıkmıştır. 2012 yılından itibaren artışlarla birlikte 30000 ha üzerinde tarım alanı oluşmuştur. Soya tarımında 2009 sonrası başlayan artış eğilimi bazı yıllarda (2005,2007,2014,2017 ve 2022) azalma eğilimi de göstermiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Türkiye'nin 2004-2022 yılları arası soya ekim alanı değişimi (bin ha)

Soya ekim alanına paralel olarak 2009 yılına kadar 45000 tonun altında gerçekleşirken 2010 yılında %125'lik artış ile 86500 tona ulaşmıştır. 2010 yılı sonrasında 120000 tonun üzerinde üretim oluşmuştur. Soya üretimi en yüksek 2021 yılında 182000 tona ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır (Şekil 10). Üretim alanındaki artışın paralel olarak üretime yansması yanında verim artışı da önemli düzeyde etki sağlamıştır. Bunun göstergesi 2004-2022 döneminde ekim alanı artışı %171 iken üretimdeki artış ise %210 olarak gerçekleşmiştir. Soya bitkisi Türkiye'de ilk kez 1930'lu yıllarda üretilmeye başlanmış ve o yıllarda

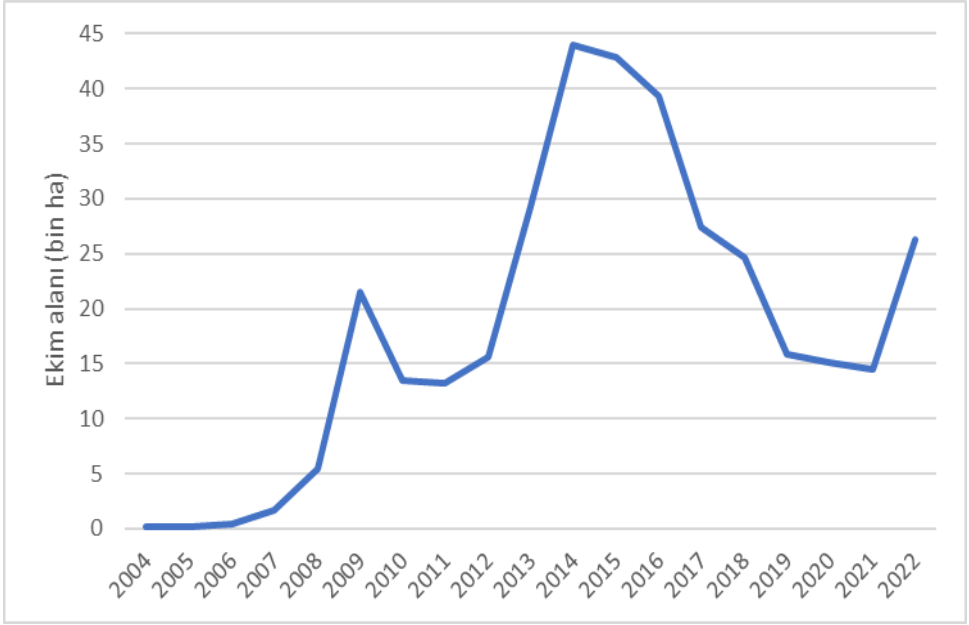
sadece Karadeniz Bölgesi'nde tarımı yapılmıştır. Daha sonra uygulamaya konulan ikinci ürün projesi ile soya tarımı bugün ağırlıklı olarak Akdeniz Bölgesi'nde yapılmaktadır. Günümüzde ekim alanı ve üretim bakımından Akdeniz Bölgesi'nde önemli bir yere sahip olan soya, özellikle Çukurova'da tahıl üretiminden sonra ikinci ürün olarak ön plana çıkmaktadır. Soyanın sulama ile kolayca üretilmesi bu bölgedeki gelişmesini desteklemiştir. Adana ili Türkiye soya ekim alanının %51.1'lik kısmını karşılarken Türkiye üretiminin de %56.7'lik kısmını karşılamaktadır. Adana ili Türkiye soya üretiminin yarısından fazlasını yalnız başına karşılaması soya tarımının geleceği açısından da olumsuzluklar oluşturabilir. Adana tarımında yaşanacak bir sınırlama soya üretimini direk etkileyerek üretimin yarısının yok olması anlamına gelmektedir. Adana ilini %15.4 ekim ve %13.2'lik payla Kahramanmaraş izlemektedir.



Şekil 10. Türkiye'nin 2004-2022 yılları arası soya üretim miktarı değişimi (bin ton)

ASPIR

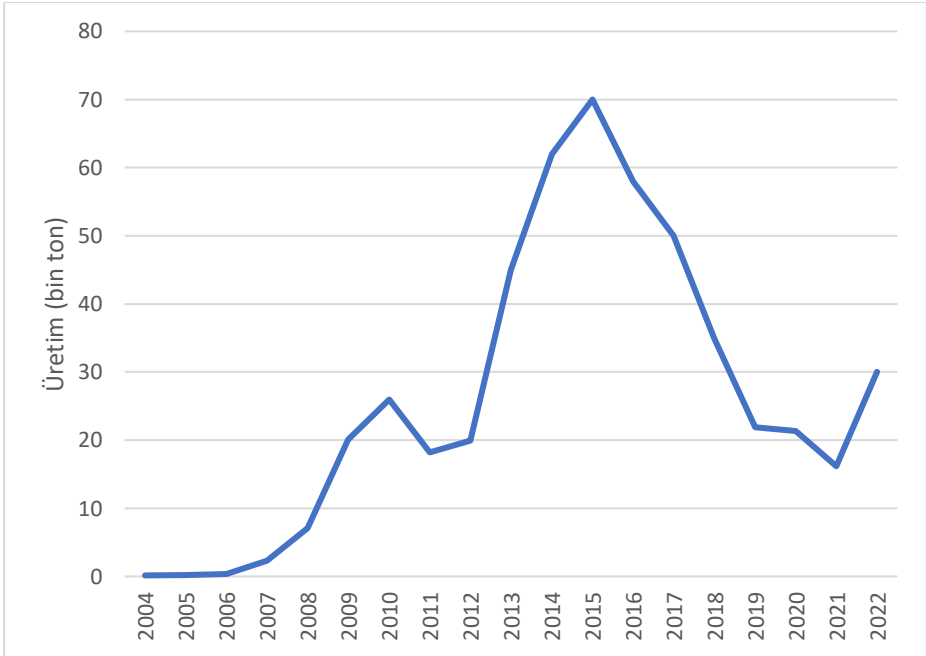
Türkiye’de 2004-2022 yılları arasında aspir ekim alanı 165 ha (2004) ile 43935 ha (2014) aralığında değişim göstermiştir. 2008 yılında 5000 ha, 2009 yılında 21500 ha ulaşan aspir ekim alanı bu yıldan sonra 10000 ha altına inmemiştir. En yüksek ekim alanına 2014 yılında ulaşan aspir maalesef ilerleyen yıllarda azalma eğilimi göstermiş ve 2021 yılında 14450 ha kadar gerilemiştir. 2022 yılında diğer yağlı tohumlu bitkilerde olduğu gibi aspir ekim alanında %81.5’lik artış ile 26235 ha ulaşmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Türkiye’nin 2004-2022 yılları arası aspir ekim alanı değişimi (bin ha)

Aspir ekim alanlarına paralel olarak aspir üretiminde 2004 yılından 2015 yılına kadar artış eğilimi hâkim iken 2016-2021 yıllarında azalma eğilimi göstermiştir. 2004 yılında 150 ton olan üretim 2015 yılında 70000 tona kadar yükselmiştir. Ne yazık ki 2015 sonrası hem ekim alanı hem de üretimde azalma engellenmemiş ve aspir tarımında önemli potansiyel kaybedilmiştir. Hem yemeklik yağ ihtiyacımızın karşılanması hem de bitkisel yağlardan biodizel üretimi için, Aspir tarımının ülkemizde yaygınlaştırılması gerekmektedir (Demir ve Karaca, 2018). Kuraklığa dayanıklı olduğundan ülkemizin hemen

hemen her tarafında özellikle atıl durumda olan alanlarda, ekonomik olarak getirisi fazla olan diğer bitkilerin yetiştirilemeyeceği alanlarda rahatlıkla yetiştirilebilecek bir bitkidir. Ülkemizde ayçiçeği yetiştiren her tesis ilave bir makine kullanmadan, herhangi bir değişiklik yapmadan Aspir tohumunu da kolayca yağa işleyebilir. Bu durum ayrıca, hammadde yetersizliğinden atıl durumda bekleyen pek çok tesise de iş imkanı yaratacaktır (Anonim, 2014).



Şekil 12. Türkiye'nin 2004-2022 yılları arası aspir üretim miktarı değişimi (bin ton)

Türkiye'de aspir tarımı 2022 yılına kadar genel olarak Ankara ilinde yapılmakta iken 2022 yılında Kayseri ili önemli düzeyde aspir üretimi yapan il olmuştur. 2022 yılında Türkiye aspir ekim alanının yaklaşık %29.8'i Kayseri ilinden gerçekleşirken %14.6'sı Ankara ve %11.3'ü Konya ilinden gerçekleşmiştir. Aspir üretiminde ise Ankara ili 2022 yılına kadar önemli düzeyde üretim sağlarken 2022 yılında %27.4'lük payla Kayseri ilk sıra yer almıştır. İkinci %14.0'lık payla Ankara olurken %12 payla Konya 3. sırada yer almıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ayçiçeği Türkiye’de yağlı tohumlu bitkiler arasında en fazla yetiştirilen bitki olması yanında yağının da çok tercih ediliyor olması önemini daha çok artırmaktadır. Bu sebeplerde dolayı da ayçiçeği tarım alanı artışı yanında verim artışı ile önemli üretim potansiyeli yakalanmış olmasına rağmen yeterli olmadığı görülmektedir. Türkiye’de ayçiçeği tarımı Trakya bölgesinde hâkim bir tarım sisteminin özellikle 2008 yıllardan sonra iç bölgelere kaydığı görülmektedir. Konya ve Çorum dışında Eskişehir, Amasya, Aksaray, Afyonkarahisar ve Ankara illeri önemli ekim alanlarına sahip iller olarak sıralamada yer almaktadırlar. Sulama potansiyeli olan Konya koşullarında önemli verim artışı iç bölgeler için özellikle kısıtlıda olsa sulama potansiyeli olan alanlarda bir sulama bile önemli verim artışlarını beraberinde getirecektir. Ayçiçeğinin belirli bölgeler dışında diğer alanlara yayılması, özellikle iklim değişikliğine bağlı olumsuz yıllar ile hastalık ve zararlılardan kaynaklanan kayıpların azalmasına neden olacaktır. Ayçiçeği tarımının bugün gelinen noktada ülke geneline yayılması ve üretimin artması ile bitkisel yağ talebinin karşılanmasında ve dışa bağımlılığın azalmasında umut verici olduğu söylenebilir. Türkiye’de ikinci sırada yer alan ve son dönemlerde iç bölgelerde tarım alanı hızla artan Kolza (Kanola) bitkisi de önemli alternatif olarak görülmektedir. Kolza tarımında özellikle kışlık yetiştirildiğinde son bahar yağışlarının yeterli olması ve kış aylarına 4-8 rozet yaprak döneminde girmesi kritik olmaktadır. Kışlık ekimlerde verimin ve yağ oranının yüksek olması nedeniyle kışlık çeşitlerin tercih edilmesi ve ilk don tarihinden önce 4-8 rozet yaprakla bu deneme yetişmesi ile önemli bir potansiyeli karşılayacaktır. Soya tarımı dünyada her ne kadar yağlık olarak değerlendirilse de Türkiye’de hayvansal karma yem ve kanatlı yemi olarak daha fazla tercih edilmektedir. Aspir tarımı Türkiye’de özellikle marjinal alanların değerlendirilmesinde ve atıl olan tarım alanlarının değerlendirilmesinde önemli alternatif yağlı tohum bitkisi olmaktadır. Yıllara göre değişen ekim alanı ve üretim çiftçinin aspir tarımından beklentilerinin karşılanması ile ilişkilendirilebilir. Aspir üretim ve sanayisinin geliştirilmesi ve çiftçilerin üretim kayıplarına desteklerin sağlanması ile üretim potansiyeli artacaktır. Yerfıstığı ve susam bitkisi dünyada önemli yağlı tohum bitki olmasına karşın ülkemizde yerfıstığı çerezlik olarak susam ise pasta ve tatlı sektöründe önemli düzeyde kullanılması nedeniyle önemli yağlı tohumlu bitkiler olarak bu araştırmada yer verilmemiştir. Ülkemiz

tarım potansiyeli ve çevre koşulları dikkate alındığında çok geniş alanlarda farklı bitki çeşitlerinin yetiştirilebilmesi özellikle yağlı tohumlu bitkilerin stratejik ürün kapsamına alınması ile ihtiyaç duyulan ve dışa bağımlılığın azaltılmasının önemli yol kat edildiği bir gerçektir.

KAYNAKÇA

- Anonim, 2014. Ankara'nın Aspir Bitkisi Profili, Ankara Ticaret Borsası Ar-Ge Müdürlüğü Sektör Araştırmaları Rapor No:1
- Baydar, H. ve Erbaş, S., 2014, Yağ bitkileri bilimi ve teknolojisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın, 97, 313.
- Canavar, Ö., F. Ellmer and F. Chmielewski. 2010. Investigation of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in the ecological conditions of Berlin (Germany). *Helia* 33: 117-130.
- Demir, İ. 2019. The effects of sowing date on growth, seed yield and oil content of sunflower (*helianthus annuus* l.) cultivars under rainfed conditions. *FEB-FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN*: 6849
- Demir, İ. 2020. Inter and intra row competition effects on growth and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under rainfed conditions. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 30(1), 2020.
- Demir, İ. 2022. Dünyada Bitkisel Yağ Üretim Durumu ve Değişimi, 3. *Uluslararası Kapadokya Bilimsel Araştırmalar Kongresi Kitabı, 1411-1421s*
- Demir, İ., & Demirel, A. 2016. Kurak Koşullarda Yetiştirilen Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Çeşitlerinde Verim ve Kalite Ögeleri Arasındaki İlişkiler. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 9(1), 14-17.
- Demir, İ., & Karaca, K. 2018. The Effect of Different Nitrogen and Phosphor Doses on Yield and Yield Parameters of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Arid Conditions. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 6(8), 971-976.
- FAO, 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, Erişim tarihi: 01.Hazir.2023.
- ARIOĞLU, H. 2016. Türkiye'de yağlı tohum ve ham yağ üretimi, sorunlar ve çözüm önerileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(ÖZEL SAYI-2), 357-368.
- IEA (2022), *Renewables 2022*. IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/renewables-2022>, License: CC BY 4.0
- Kolsarıcı, Ö., Bayraktar, N., İşler, N., Mert, M., & Arslan, B. 1995. Yağlı tohumlu bitkilerin üretim projeksiyonları ve üretim hedefleri. IV. Teknik tarım kongresi bildiri kitabı, 1, 467-483.
- Küçük, N., Aydoğdu, M. H., & Şahin, Z. 2021. Yağlı Tohum Piyasalarındaki Gelişmeler Ve Türkiye Kolza Piyasası Trend Analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32(1), 215-227.

BÖLÜM 9

DEPOLANMIŞ ÜRÜN ZARARLISI BÖCEKLER ÜZERİNE BİTKİSEL ÜRÜNLERİN ETKİSİ

Doç. Dr. Fahriye ERCAN¹

¹ Kırşehir Ahievran University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Kırşehir, Turkey. fahriyesumer@gmail.com, orcid.org/ 0000-0002-0111-8460

GİRİŞ

Depolanan ürünlerde böcekler tarafından meydana getirilen zarar ve ekonomik kayıplar ciddi boyutlara ulaşabilmektedir (Matthews, 1993). Bu böceklerin kontrolü geleneksel olarak, sentetik insektisitlerin ve fumigantların kullanılmasına dayalı olup bu yöntemlerin direnç gelişimi, hedef olmayan organizmalar, özellikle doğal düşmanlar üzerinde olumsuz etkiler ve kullanıcılar üzerinde toksik etki gibi dezavantajları bulunmaktadır (Jembere ve ark., 1995). Zararlılarla mücadelede fosfin ve metil bromide gibi fumigantların etkili oldukları bilinmekle birlikte özellikle insan ve hedef dışı organizmalar üzerine toksik olmaları araştırmacıları alternatif mücadele yöntemleri üzerine yoğunlaştırmıştır. Özellikle biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemlerini temele almak üzere kurgulanan entegre zararlı mücadele yönetimi (IPM, Integrated Pest Management) bu anlamda çevre dostu, insan ve hedef dışı organizmaları olumsuz etkilemeyen bir bakış açısı sunmaktadır.

Bu bağlamda “en iyi böcek ölü böcektir” yaklaşımından sıyrılarak doğal dengeyi bozmadan zararlı böceklerin popülasyon yoğunluğunun ekonomik zarar eşiği altına düşürülmesi hedeflenmektedir. Biyolojik mücadele çerçevesinde parazitoit, predatör ve entomopatojenlerin kullanımına dayalı kontrol yöntemlerinin yanında, aromatik bitkilerden elde edilen tozlar, özütler ve uçucu yağlarının, biyopestisit olarak böcek öldürücü özellikleri açısından araştırılması son yıllarda oldukça dikkat çekmektedir. Uçucu yağlar, çevresel güvenlik özelliklerinden dolayı fumigant etkili insektisitlere karşı iyi bir alternatiftir. Fumigasyon, depolanan ürünlerdeki zararlıları azaltmak için etkili bir yöntemdir. Birçok araştırmacı tarafından, uçucu yağların farklı depolanmış ürün zararlısı böceklerle karşı insektisidal aktivitesinin çalışıldığı bilinmektedir (Ercan ve ark., 2013). Sentetik insektisitlerin yerini alma potansiyeline sahip, kolay kullanılabilen, güvenilir, çevre dostu alternatiflerin geliştirilme zorunluluğu ve doğal ürünlerin zararlılar üzerindeki birçok biyolojik özelliği bitkisel kaynaklı ürünleri bu araştırmaların merkezine koymuştur.

Depolanmış Ürün Zararlıları

Depolar ısı, nem ve zararlı aktivitesi açısından sürekli kontrol altında tutulmalıdır. Zira uygun yetiştirme koşullarında zararlılar kolayca çoğalarak ciddi kayıplara yol açabilmektedir. Depolanmış ürün ve mamullerinde sorun oluşturan zararlı böcekler Tablo 1’de gösterilmiştir. Gıda ve Tarım Örgütü

(FAO) tarafından yapılan belirlemelere göre dünya hububatının %10.4'ünün kaybı, uygun olmayan depolama şartlarından kaynaklanmaktadır. Depo, ambar ve silolardaki başlıca zararlı böcekler Coleoptera ve Lepidoptera içerisinde yer almaktadır (Tablo 1). Çok önemli zararlara yol açmamakla birlikte, hamam böcekleri, karıncalar, arılar, sinekler gibi farklı takımlara ait böceklerin de depolarda görüldüğü bilinmektedir.

Tablo 1. Depolanmış ürünlerde kayba yol açan başlıca zararlılar (Zirai Mücadele Teknik Talimatları Cilt 1, 2008).

Zararlı	Bilimsel adı	Takımı: Familyası
Buğday biti	<i>Sitophilus granarius</i> (L.)	Col.: Curculionidae,
Pirinç biti	<i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	Col.: Curculionidae
Ekin kambur biti	<i>Rhizopertha dominica</i> (F.)	Col.: Bostrychidae
Kapra böceği	<i>Trogoderma granarium</i> (Everts)	Col.: Dermestidae
Kırma biti	<i>Tribolium confusum</i> (Duval)	Col.: Tenebrionidae
Un biti	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.)	Col.: Tenebrionidae
Un kurdu	<i>Tenebrio molitor</i> (L.)	Col.: Tenebrionidae
Pirinç kırma biti	<i>Latheticus oryzae</i> (Waterh)	Col.: Tenebrionidae
Boynuzlu böcek	<i>Gnathocerus cornutus</i> (Fabr.)	Col.: Tenebrionidae
Testereli böcek	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.)	Col.: Cucujidae
Küçük kırma biti	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Steph.)	Col.: Cucujidae
Ekin kara ambar böceği	<i>Tenebriodes mauritanicus</i> (L.)	Col.: Ostomatidae
Arpa güvesi	<i>Sitotroga cerealella</i> (Oliv.)	Lep.: Gelechiidae
Değirmen güvesi	<i>Ephestia kuehniella</i> (Zell.)	Lep.: Pyralidae
Un güvesi	<i>Pyralis farinalis</i> (L.)	Lep.: Pyralidae
Kuru meyve güvesi	<i>Plodia interpunctella</i> (Hubn.)	Lep.: Pyralidae
Un akarı	<i>Acarus siro</i> (L.)	Acarina: Acaridae

Uzun veya kısa süreli depolanan ürünler arasında tahıllar, baklagiller, kabuklu meyveler ve kurutulmuş meyveler yer almaktadır. Bahsi geçen

zararlılar bu ürünleri yemek, kirletmek ve şekillerini bozmak suretiyle hem nitelik hem nicelik olarak zarar verirler.

Depolanmış Ürün Zararlıları ile Mücadele Yöntemleri

Zararlılara karşı gerçekleştirilen, onların çoğalmasını azaltan veya engelleyen, yaşamlarını güçleştiren her türlü işlem tarımsal mücadele olarak kabul edilmektedir. Zararlılarla mücadelede ilk akla gelen kültürel önlemlerdir. Örneğin deponun temiz tutulması, çeşitli zararlılara barınak oluşturacak materyallerden arındırılması önemlidir.

Depolanmış ürün zararlılarına karşı farklı kontrol metotları olmakla birlikte günümüzde IPM'e dayalı mücadele ön plana çıkmıştır ve depolarda uygulanması tarla ve bahçelere göre daha kolay olabilmektedir (Hagstrum ve Phillips, 2017). Bunun yanında, yeni yöntemlerin geliştirilmesine yönelik yaklaşımlar, açık alanlarda olduğu gibi depolarda da zararlı yönetimi konusunda odak noktasıdır. Herhangi bir depo zararlısı ile mücadele programı tasarlanırken, hangi yöntemin daha uygun olduğu, ne zaman ve nerede yapılacağına kararı oldukça kritiktir (Trematerra ve Fleurat-Lessard, 2015). Yeni yöntemlerin geliştirilmesi ve sürdürülebilirliği zararlılarla mücadelede başarıyı artıracaktır.

Depolanmış ürün zararlısı böcekleri saptamak için böcek feromonları veya cezbedici maddelerle böcek popülasyonlarını izlemek umut verici tekniklerden biridir. İzleme yöntemleri sayesinde düşük seviyeli istilaların daha erken tespit edilebilmesi ve istilaların yerinin tam olarak belirlenebilmesi mümkün olacaktır. Bu bilgi ışığında daha az pestisit kullanımı sağlanacaktır. Bu yaklaşım, IPM anlayışına da uygundur (Campbell ve ark., 2002).

Sentetik mücadele ajanlarının keşfinden önce bitkisel ürünlerin zararlılarla mücadele noktasında kaynak olarak kullanılmaktaydı. Zira bitkiler büyümeleri ve gelişmeleri için gerekli olmayan fakat zararlılara karşı korunmada ve bitkilerin diğer organizmalarla etkileşiminde rol oynayan çeşitli sekonder metabolitleri üretebilmektedir (Schafer ve Wink, 2009). Bu metabolitler insektisidal, repellent ve beslenme önleyici aktivitelerinin yanı sıra üremenin ve gelişim dönemlerinin regüle edilmesine olanak sağlayabilmektedir (Isman, 2000). Bunun yanında patojenlere karşı antifungal, antibakteriyel ve antiviral etkilere de sahiptir (Prakash ve Rao 1986).

Bitkisel kökenli mücadele ajanlarının hedef dışı organizmalara karşı nispeten düşük risk taşımaları, doğada hızlı parçalanmaları ve diğer omurgalılar tarafından ölümcül olmayan dozlarının kolay metabolize edilebilmesi gibi avantajları vardır (Weinzierl, 2000).

Depolanmış ürün zararlılarına karşı aktif bileşenlere sahip bitki ve bitki türleri kullanılabilir. Özellikle baharatlar ile tıbbi ve aromatik bitkiler içerikleri itibarıyla eski çağlardan beri depolanan ürünleri zararlıların istilasından korumak için kullanılmaktadır. Geleneksel olarak kurutulmuş ve öğütülmüş baharatlar depolanmış ürünlerin üzerine serpmek veya ürünlerle karıştırmak suretiyle kullanılmaktayken son zamanlarda uçucu yağlar ve ekstraktların zararlılara karşı kullanımına yönelik çalışmalar umut var sonuçlar vermektedir. Çeşitli hastalıkların tedavisinde oldukça dikkat çeken birçok bitkinin ürün zararlılarına karşı etkinliği üzerine yapılan pek çok çalışma bulunmaktadır (Ercan ve ark., 2013, 2018, 2019, Ata ve Ercan, 2019, Gökmen ve ark. 2022).

Bitkisel ekstraktların ve uçucu yağların bileşimi, ekstraksiyon için kullanılan bitki materyaline, ekstraksiyon yöntemine, bitkinin fenolojik aşamasına, hasat mevsimine, bitki yaşına, bitkinin genotipine, toprağın doğasına ve çevre koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Angioni ve ark., 2006). Bu bitkisel ürünler, ergin, yumurta, larva üzerine öldürücü oldukları gibi beslenmeyi, yumurtlamayı, gelişmeyi ve ergin çıkışını geciktirme gibi aktivitelere sahiptir (Isman ve ark., 2011). Uçucu yağ üreten aromatik bitkiler, Alliaceae, Apiaceae, Asteraceae, Cupressaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Piperaceae, Poaceae, Rutaceae ve Zingiberaceae gibi familyalara ait oldukları bilinmektedir. Bu uçucu yağlar ve özütler gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde ticari olarak büyük öneme sahiptir. Dünya’da yaygın olarak depolanmış ürün zararlısı böcekler üzerine etkinlikleri açısından araştırılan bitkilerden bazıları aşağıda özetlenmiştir;

***Azadirachta indica* A. Juss. (Family: Meliaceae)**

Neem bitkisi olarak da bilinen ve Meliaceae familyasına ait olan *Azadirachta indica* antikanser ve immünomodülatör özelliklerinin yanı sıra böcek öldürücü aktivitesinin ortaya konulması ile tarımsal mücadelede de önemli bir biyopestisit olarak yerini almıştır. Neem'in içeriğinde pekçok madde bulunmakla beraber, böcek öldürücü aktiviteye en çok katkıda bulunan bileşeni

azadirachtin'dir (Isman, 2006). Anavatanı Hindistan olan *A. indica*'nın yaprak, meyve, kabuk ve tohum gibi kısımlarından elde edilen ekstraktları kullanılmaktadır. Azadirachtin beslenme önleyiciliğinin yanı sıra, ovisidal, larvisidal etkileri, repellent bir madde olarak davranması ve erkek bireylerde sperm üretimini kesintiye uğratarak böceklerde kısırlığa yol açması dikkat çekicidir. Neem tohumlarının soğuk preslenmesiyle elde edilen neem yağı, yumuşak vücutlu böceklerle ve akarlarla karşı oldukça etkilidir.

Günümüzde ticari olarak da piyasada bulunan azadirachtin, pek çok böceğe karşı etkinliği denenmiş bir maddedir. Depolanmış ürün zararlılarından, *Tribolium confusum* ve *Sitophilus zeamays* üzerine neem yağının larvisidal ve uzaklaştırıcı özellik gösterdiği belirlenmiştir. *Sitophilus granarius* ve *S. oryzae* üzerine neem'in öğütülmüş tohum ve yapraklarının repellent olduğu, yağının ise tohum böceklerinde ovisidal etki gösterdiği tespit edilmiştir (Awad ve ark., 1998). *Tribolium castaneum* kontrolünde de kullanılabileceği yapılan çalışmalarda raporlanmıştır (Durna ve Kayahan, 2022).

***Allium sativum* L. (Family: Alliaceae)**

Sarımsak eski çağlardan bu yana hem insan besininin hem de ilaçların en önemli bileşenlerinden biridir. İçeriğinde bulunan allisin damar genişletici etkiye sahiptir (Ried ve ark., 2008). Antidiyabetik ve antibakteriyel aktiviteleri olduğu da bilinen bu bitkinin repellent, insektisidal, yumurtlama önleyici ve asetilkolin esteraz inhibisyonu gibi pek çok aktivitesi yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. *Allium sativum* uçucu yağının önemli bir depo zararlısı olan mısır biti olan *S. zeamais* mücadelesinde fumigasyon ve kontakt yolla uygulandığında erginler üzerine toksik etki gösterdiği belirlenmiştir (Chaubey, 2017a). Yine önemli bir depo zararlısı olan un kurdu olan *Tenebrio molitor* larva, pupa ve erginleri üzerine *A. sativum* uçucu yağının etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, letal ve subletal etkiler tespit edilmiş ve zararlı kontrolü amaçlı potansiyele sahip olduğu ortaya konmuştur (Plata-Rueda ve ark., 2017). *Tribolium castaneum* ergin ve larvaları üzerine sarımsak ekstraktının toksik ve repellent etkisinin araştırıldığı bir çalışmada artan ekstrakt konsantrasyonu ile birlikte ölüm oranının arttığı tespit edilmiştir (Mobki ve ark., 2014).

***Annona muricata* L. (Family: Annonaceae)**

Yaklaşık 130 cins ve 2300 tür ile Annonaceae familyasının bir üyesi olan *A. muricata*, Güney ve Kuzey Amerika, Hindistan, Malezya ve Nijerya gibi dünyanın tropikal ve subtropikal bölgelerinde yetişmektedir (Adewole ve Caxton, 2006). Bitkinin tohumları, yaprakları, kökleri ve meyveleri üzerinde yapılan fitokimyasal değerlendirmeler sonucunda birçok bileşiğin varlığı tespit edilmiştir. Asetojenik bileşikler açısından zengin bir kaynak olan bitkinin antiartritik, antiparaziter, antikanser gibi tıbbi özelliklerinin yanında böcek öldürücü aktivitesi de ortaya konmuştur (Soheil ve ark., 2015). Böcek öldürücü aktivitesi ve dolayısıyla biyopestisit potansiyelinin araştırıldığı çalışmalar arasında depolanmış ürün zararlısı, *Ephestia kuehniella* ve biyolojik mücadele ajanı *Trichogramma evanescens* üzerine toksik etkisi değerlendirilmiş ve hem depo zararlısı hem doğal düşman türünün bitki ekstraktı uygulama süresinin artışı ile ölümlerinin arttığı gözlemlenmiştir (Ata ve Ercan, 2019). Daldırma ve yüzey koruyucu yöntemlerle *Annona muricata* tohum ekstraktları *S. zeamais*'e karşı denenmiş ve % 100 oranında ölüm elde edilmiştir (Djamin ve Idris, 2012). Bir başka önemli depo zararlısı olan *Callosobruchus maculatus*'a karşı bitkinin etanolik yaprak ekstresi uygulanmış ve uygulamadan 72 saat sonra %98 ölüm oranı gözlenmiştir (Adeoye ve Ewete, 2010).

***Thymus* spp. (Family: Lamiaceae)**

Lamiaceae familyasına dahil olan *Thymus* cinsine ait türler, flavonoidler, terpenoidler, fenoller ve alkaloidler gibi biyolojik aktiviteleri yüksek sekonder metabolitlerce oldukça zengindir. Ülkemizde endemik 17 türü bulunan çok yıllık otsu bitkiler ve çalılardan oluşur. Bazı *Thymus* türlerinin uçucu yağlarının ve özlerinin antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri olduğu bilinmektedir (Ercan ve ark., 2018). Bu aktivitelerin yanı sıra, bazı *Thymus* türlerinden izole edilen uçucu yağların depolanmış ürün zararlılarına karşı insektisidal etkileri olduğu ortaya konmuştur. Thymol ve karvakrol bu bitkinin en önemli bileşenidir ve yapılan çalışmalarla çeşitli zararlı böcekler üzerine toksik etki gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, önemli depo zararlısı türler olan *T. castaneum* ve *S. oryzae* erginlerine karşı *Thymus persicus* uçucu yağının fumigant toksisitesi olduğu belirlenmiştir (Saroukolai ve ark., 2010). *Thymus pallescens*'den elde edilen uçucu yağın yine bir depo zararlısı olan *S. granarius* üzerine fumigant olarak etkili olduğu gösterilmiştir (Moutassem ve ark., 2021).

Bir diğer çalışmada, depo zararlıları *Lasioderma serricorne* ve *T. castaneum* üzerine *Th. quinquecostatus*'un uçucu yağının öldürücü etkisi ortaya konmuştur (Lu ve ark., 2021).

***Eucalyptus* spp. (Family: Myrtaceae)**

Okaliptüs dünyada yaygın olarak yetişen, yağı özellikle ticari olarak gıda, tatlandırıcı, parfümeri ve ilaç endüstrilerinde kullanılan bir bitkidir. Çeşitli okaliptüs türlerinin yapraklarından elde edilen uçucu yağın, antibakteriyel, antienflamatuvar, antioksidan, antifungal ve analjezik aktivite gibi çeşitli biyolojik aktivitelere sahip olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Bendaoud, ve ark. 2009). Yapılan bir çalışmada, önemli bir depo zararlısı olan, *Rhyzopertha dominica* üzerine *Eucalyptus globulus* uçucu yağının toksik etki ve repellent aktivitesinin konsantrasyon ve maruz kalma süresi uzadıkça arttığı tespit edilmiştir (Chandel ve ark., 2019). Bir diğer çalışmada üç ana depolanmış ürün zararlısı, *Callosobruchus maculatus*, *S. oryzae* ve *T. castaneum*'a karşı *E. camaldulensis*, *E. intertexta* ve *E. sargentii*'den elde edilen uçucu yağların, 1 ila 7 günlük ergin böceklerde artan konsantrasyon dahilinde ölüm oranının önemli ölçüde arttığını göstermiştir (Negahban ve Moharramipour 2007).

***Cuminum cyminum* (Family: Apiaceae)**

Apiaceae, zengin uçucu yağ içeriği nedeniyle en çok bilinen ve kullanılan bitki familyalarından biridir. Yiyecek ve içeceklerin yanı sıra geleneksel ilaçlarda tatlandırıcı olarak kullanılabilen aromatik bitki türlerini içerir. Bitkilerden elde edilen uçucu yağlar özellikle fumigasyonla test edildiğinde depolanmış ürün zararlısı böcekler üzerine toksik olabilir. Kimyon uçucu yağının mısır biti üzerine repellent, öldürücü, yumurtlamayı önleyici ve asetilkolin esteraz enzimi inhibe edici aktiviteleri açısından değerlendirildiği bir çalışmada bu bitkiden elde edilen uçucu yağın depolanmış ürün zararlılarına karşı alternatif bir mücadele ürünü olma potansiyeli ortaya konmuştur (Chaubey, 2017b). Kimyondan ekstrakte edilen uçucu yağın *S. granaries* ve *T. confusum* depo zararlıları üzerine etkilerinin yağ yüklü nanojel formunda yapılan uygulamalarında aktivasyon süresinin uzadığı rapor edilmiştir (Masumeh ve ark., 2015).

***Lavandula angustifolia* Mill. (Family: Lamiaceae)**

Lavanta (*Lavandula sp.*) tıbbi etkilerinin yanı sıra aromaterapi, gıda, kozmetik ve parfüm sektörlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu önemli tıbbi bitkinin böcek öldürücü etkisinin olduğu yapılan çeşitli araştırmalarda kanıtlanmıştır (Perrucci ve ark., 1994). *Lavandula angustifolia*'dan izole edilen uçucu yağın temas ve fumigant toksisitesi, repellent ve beslenmeyi önleyici etkileri depolanmış ürün zararlısı, *S. granarius* erginlerine karşı denenmiş ve sentetik böcek öldürücülere doğal bir alternatif olarak lavanta uçucu yağının potansiyeli tartışılmıştır (Germinara ve ark., 2017). *Lavandula angustifolia* dahil olmak üzere 10 bitkiye ait uçucu yağların *S. oryzae*'ye karşı repellent etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada *L. angustifolia*'nın uçucu yağının üçüncü en yüksek itici aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir (Jayakumar ve ark., 2017). Benzer şekilde Sabbour ve El-Aziz (2020), lavantanın da içinde bulunduğu çeşitli bitki uçucu yağlarının önemli depo zararlıları, *T. confusum* ve *T. castaneum*'a repellent etkisini ortaya koymuştur.

Bitkilerden elde edilen uçucu yağların ve ekstraktların zararlıların kontrol edilmesinde potansiyel kullanımına ilişkin birçok çalışma vardır. Aromatik bitkiler ülkemizde de yaygın olarak dağılıp göstermektedir. Yukarıda bahsi geçen bitkilerle birlikte daha pek çok araştırılan ve araştırılmayı bekleyen bitki kaynakları bulunmaktadır. Dolayısıyla depolanmış ürün zararlılarına karşı alternatif ve güvenli mücadele yöntemleri geliştirilmesi için ülkemiz eşsiz bir kaynaktır. Ürünün tarladan sofraya gelene kadar her aşamada zararlılardan korunması ve güvenli gıda tüketiminin sağlanması kimyasal mücadeleye alternatif çevre ve insan dostu güvenilir yöntemlerle mümkün olacaktır. Şüphesiz bitkiler de bunun için iyi bir kaynak teşkil etmektedir.

KAYNAKLAR

- Adeoye, O., Ewete, F. (2010). Potentials of *Annona muricata* Linnaeus (Annonaceae) as a botanical insecticide against *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae). J. Agric. For. Soc. Sci., 8, 147–151.
- Angioni, A., Barra, A., Coronco, V., Dessi S., Cabras, P. (2006). Chemical composition, seasonal variability and antifungal activity of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* essential oils from stem/leaves and flowers. J. Agric. Food Chem., 54: 4364-4370.
- Ata, F.K., Ercan, F., (2019). *Annona muricata* bitki ekstraktının *Ephestia kuehniella* (lep: pyralidae) ve yumurta parazitoiti *Trichogramma evanescens* (Hym: Trichogrammatidae)'e karşı böcek öldürücü aktivitesinin belirlenmesi, 21. Yüzyılda Fen ve Teknik / Science And Technique in The 21 st Century, Cilt / Volume 6, Sayı / Issue 11.
- Awad, T.I., Önder, F., Kısmalı, Ş. (1998). *Azadirachta indica* A.Juss (Meliaceae) ağacından elde edilen doğal pestisitler üzerinde bir inceleme, Türk. Entomol., Derg., 22(3), 225-240.
- Bendaoud, H., Bouajila, J., Rhouma, A., Savagnac, A., Romdhane, M. (2009). GC/MS analysis and antimicrobial and antioxidant activities of essential oil of *Eucalyptus radiata*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 89(8), 1292-1297.
- Campbell, J.F., Mullen M.A., Dowdy, A.K. (2002). Monitoring Stored-product pests in food processing plants with pheromone trapping, contour mapping and mark-recapture. J. Econ. Entomol., 95: 1089-1101.
- Chandel, R.K., Nebapure, S.M, Sharma, M., Subramanian, S., Srivastava, C., Khurana S.M.P. (2019). Insecticidal and Repellent Activities of Eucalyptus Oil Against Lesser Grain Borer *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 2019, 9(3), 525-529.
- Chaubey, M.K. (2017a). Study of Insecticidal Properties of Garlic, *Allium sativum* (Alliaceae) and Bel, *Aegle marmelos* (Rutaceae) Essential Oils Against *Sitophilus zeamais* L. (Coleoptera: Curculionidae), Journal of Entomology, 14(5), 191-198.

- Chaubey, M.K. (2017b). Evaluation of Insecticidal Properties of *Cuminum cyminum* and *Piper nigrum* Essential Oils against *Sitophilus zeamais*, Journal of Entomology, 14(4), 148-154.
- Djamin, A., Idris, A. (2012). Evaluation of *Jatropha curcas* and *Annona muricata* seed crude extracts against *Sitophilus zeamais* infesting stored rice, Journal of Entomology, 9:13–22.
- Durna, S.G., Kayahan, A., Effects of Some Biological Insecticides on *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 37(1): 1-12, 2022.
- Ercan, F.S., Bas, H., Koç, M., Pandır, D., Öztemiz, S. (2013). Insecticidal activity of essential oil of *Prangos ferulacea* (Umbelliferae) against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Trichogramma embryophagum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 37(1), 719-725.
- Ercan, F., Bas, H., Ercan, N., Vural, C., Özcan, S. (2018). Fumigant Toxicity of Essential Oils from *Thymus argaeus* Boissier & Balansa and *Thymus sipyleus* Boissier (Lamiaceae) Against *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), International Journal of Scientific and Technological Research 4(3), 54-60.
- Ercan, F., Yalçın, S., Baş, H., Yalçınkaya, S., Ercan, N. (2019). *Hypericum perforatum* Esansiyel Yağına Maruz Kalan *Tribolium castaneum*'un Malondialdehit, Superoksit Dismutaz ve Katalaz Aktivitesinin Değerlendirilmesi, 2. Uluslararası Erciyes Bilimsel Araştırmalar Kongresi 27-29 EYLÜL 2019 KAYSERİ, Sayfa no: 89.
- Germinara, G.S., Di Stefano, M.G., De Acutis, L., Pati, S., Delfino, S., De Cristofaro, A., Rotundo, G. (2017). Bioactivities of *Lavandula angustifolia* essential oil against the stored grain pest *Sitophilus granarius*, Bulletin of Insectology, 70(1):129-138.
- Gökmen, M.K., Ercan, F., Kaya, M. (2022). *Aronia melanocarpa* Bitki Özüünün *Galleria mellonella* ve *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* Üzerine Öldürücü ve Engelleyici Etkisi, J Ahi Agri 2(1):24-31.
- Hagstrum D.W., Phillips T.W. (2017). Evolution of Stored-Product Entomology: Protecting the World Food Supply. Annu. Rev. Entomol., 62:379–397.

- Isman M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection* 19: 603-608.
- Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51, 45–66.
- Isman, M.B., Miresmailli S., Machial, C. (2011). Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochem. Rev.*, 10: 197-204.
- Jayakumar, M., Arivoli, S., Raveen, R. Tennyson, S. (2017). Repellent activity and fumigant toxicity of a few plant oils against the adult rice weevil *Sitophilus oryzae* Linnaeus, 1763 (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5 (2): 324-335.
- Jembere B, Obeng-Ofori D, Hassanali A, Nyamasyo G.N.N. (1995). Products derived from the leaves of *Ocimum kilimandscharicum* (Labiatae) as post-harvest grain protectants against the infestation of three major stored product insect pests. *Bull. Entomol. Res.* 85:361--367.
- Lu, X.X., Feng, Y.X., Du, Y.S., Zheng, Y., Borjigidai, A., Zhang, X., Du, S.S. (2021). Insecticidal and repellent activity of *Thymus quinquecostatus* Celak. essential oil and major compositions against three stored-product insects. *Chem. Biodivers.*, 18, e2100374.
- Masumeh, Z., Saeid, M., Afshin, M. (2015). MA-chitosan nanogel loaded with *Cuminum cyminum* essential oil for efficient management of two stored product beetle pests, *Journal of Pest Science*, 87(4), 691-699.
- Matthews G.A. (1993). Insecticide application in stores. In: Matthews, G.A., Hislop E. C., (eds.). *Application technology for crop protection*. CAB, London, UK p. 305--315.
- Mobki, M., Safavi, S.A., Safaralizadeh, M.H., Panahi, O. (2014). Toxicity and repellency of garlic (*Allium sativum* L.) extract grown in Iran against *Tribolium castaneum* (Herbst) larvae and adults, *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 2014, 47(1), 59–68.
- Moutassem, D., Bellik, Y., Sennef, M.E.H. (2021). Toxicity and repellent activities of *Thymus pallescens* and *Cymbopogon citratus* essential oils against *Sitophilus granarius*. *Plant Prot. Sci.* 2021, 57, 297–309.

- Negahban, M., & Moharramipour, S. (2007). Fumigant toxicity of *Eucalyptus intertexta*, *Eucalyptus sargentii* and *Eucalyptus camaldulensis* against stored-product beetles. *Journal of Applied Entomology*, 131(4), 256-261.
- Perrucci S, Cioni P, Flamini G, Morelli I, Macchioni G. (1994) Acaricidal agents of natural origin against *Psoroptes cuniculi*. *Parassitologia* 36:269–271.
- Plata-Rueda, A., Martínez, L.C., Dos Santos, M.H., Fernandes, F.L., Wilcken, C.F., Soares, M.A., Serrão, J.E., Zanuncio, J.C. (2017). Insecticidal activity of garlic essential oil and their constituents against the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sci Rep.* 2017; 7: 46406.
- Prakash, A. and Rao, J. (1986). Evaluation of plant products as antifeedants against the rice storage insects. *Proceedings from the Symposium on Residues and Environmental Pollution*, pp. 201-205.
- Ried, K., Frank, O.R., Stocks, N.P., Fakler, P., Sullivan, T. (2008). Effect of garlic on blood pressure: A systematic review and meta-analysis. *BMC Cardiovasc Disord.*, Vol. 8.
- Saroukolai, A.T., Moharramipour, S., Meshkatsadat, M.H. (2010). Insecticidal properties of *Thymus persicus* essential oil against *Tribolium castaneum* and *Sitophilus oryzae*. *J. Pest Sci.* 2010, 83, 3–8.
- Schafer H., Wink M. (2009). Medicinally important secondary metabolites in recombinant microorganisms or plants: progress in alkaloid biosynthesis. *Biotechnology Journal* 4(12): 1684-1703.
- Trematerra P., Fleurat-Lessard F. (2015). Food industry practices affecting pest management. *Stewart Postharvest Rev.* 11:1–7.
- Weinzierl R. A. (2000). Botanical insecticides, Soaps and Oils. In: *Biological and Biotechnological Control of Insect Pests* (JE Rechcigl, NA Rechcigl, eds), Lewis publishers, Boca Raton, New York, USA, 110-130.
- Zirai Mücadele Teknik Talimatları, (2008). Cilt 1, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara 2008.

BÖLÜM 10

KORUNGA

Kübra DEMİRCİOĐLU¹

Doç. Dr. Hakan KIR²

Prof. Dr. Selahattin ÇINAR³

Prof. Dr. Rüştü HATİPOĐLU⁴

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Kırşehir, Türkiye, demircioglu.kubra@ogr.ahievran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-0734-2121

² Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri. Bölümü, Kırşehir, Türkiye, hakankir@ahievran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3124-0491

³ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri. Bölümü, Kırşehir, Türkiye, s.cinar@ahievran.edu.tr, Orcid ID:0000-0002-9049-0044

⁴ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri. Bölümü, Kırşehir, Türkiye, rustu.hatipoglu@ahievran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-7977-0782

GİRİŞ

Yem bitkileri, çiftlik hayvanlarının yaşamlarını sürdürebilmeleri ve istenilen kalite ve miktarda ürün verebilmeleri için bünyelerine almak zorunda oldukları besin maddelerini içerisinde bulunduran ve hayvanlar tarafından belirli miktarlarda yenildiğinde hayvan sağlığına ve hayvansal ürünlere zarar vermeyen, tarla tarımı şeklinde kültürü yapılan veya doğada kendiliğinden yetişen bitkilerdir (Sabancı, 2009). Yem bitkilerinin kaynağını ise çayır meralar, tarla tarımı içerisinde yetiştirilen yem bitkileri ve hasat artıkları oluşturmaktadır. Türkiye genelindeki çayır meraların bugün, içinde bulunduğu durum, hayvancılığımızı dolayısıyla gelişmekte olan ülke ekonomisini olumsuz etkilemektedir. Çayır ve meralardan istenilen verimin alınmaması, tarla tarımı içerisindeki yem bitkileri ekilişinin önemini arttırmaktadır. Nitekim Türkiye’de yem bitkileri yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması amacıyla, 2000 yılında yayımlanan 2000/467 Sayılı Hayvancılığın Desteklenmesi Hakkında Bakanlar Kurulu Kararı Uygulama Esasları Tebliği (2000/22) gereğince yem bitkileri destekleme kapsamına alınmış ve destek miktarları yıllara bağlı olarak artış göstermiştir. Doğal kaliteli yem bitkileri kaynaklarından olan çayır meralar mera amenajman kurallarına uyulmadan sürekli otlatılması nedeniyle verim ve kalite potansiyelini kaybetmişlerdir (Gençkan, 1992; Yavuz ve ark., 2020). Destekler neticesinde tarla tarımı içindeki yem bitkilerinin payı 2002 yılında %3,2’iken 2020 yılında ise bu rakam %13,0’e ulaşmıştır (TÜİK, 2023a ve BÜGEM, 2023). Her ne kadar istenilen noktaya ulaşılamamışsa da Tarım Bakanlığınca yem bitkilerine verilen desteğin ekim alanlarını arttırdığı açıkça ortadadır. Ancak hayvancılık konusunda gelişmiş ülkelerle rekabet edebilmek için bu oranların %25-30’a ulaşması gerekmektedir (Turan ve ark., 2015). Bunu sağlamanın tek yolu da tarla tarımı alanları içerisinde yem bitkileri ekim alanlarının genişletilmesi ile olacaktır. Türkiye’de eğimli, erozyona açık, toprak derinliği olmayan ve su tutma kapasitesi düşük üçüncü sınıf 7.6 milyon ha alan ve yetiştirme teknikleri ile gerekli toprak muhafaza önlemleri alınması halinde tarım yapılabilecek olan 7.2 milyon hektarlık dördüncü sınıf araziler mevcuttur. Korunga (*Onobrachis vicifolia* Scop.), kaliteli kaba yem açığının kapatılmasına katkı sağlaması yanında erozyonu önlemesi, marjinal topraklarda yetişebilme ve toprak yapısını iyileştirme gibi özellikleri ile üçüncü ve dördüncü sınıf arazi yeteneğine sahip yaklaşık 15 milyon ha alanının değerlendirilmesinde tercih edilebilecek bir yem bitkisidir (Sabancı, 2009).

Dünyada ve Türkiye’de yetiştiriciliği yapılan diğer yem bitkilerine kıyasla korunga, sulamanın yapılamadığı verimsiz ve kıraç toprakların, yem bitkileri üretimi açısından değerlendirilmesi düşünüldüğünde ilk akla gelen yem bitkilerindedir. Korunganın ilkbaharda erken gelişmeye başlaması otlatma açısından avantaj sağlamaktadır. Diğer mera bitkileri otlatma uygunluğuna gelmeden hayvanlar için kaliteli yem sağlanmış olur (Avcı, 2010). Korunga otunun nitrojenli öz maddeler, ham yağ ve ham protein bakımından zengin olması ve taze olarak yedirildiğinde şişme yapmaması korungayı diğer yem bitkilerinden ayrıcalıklı kılmaktadır.

Onobrychis cinsine ait türler üzerinde yapılan araştırmaların sayısı oldukça azdır. Özellikle son 60 yıldır korunga, ihmal edilmiş olan bitkiler arasındadır. Ancak, ülkemiz zengin bir korunga materyaline sahip olduğu için yapılacak seleksiyon ve melezleme ile olumlu ve başarılı sonuçlar elde edilmesi mümkündür. Tarımsal açıdan başarı şansı yüksek olan korunganın diğer bazı yem bitkileri ile daha iyi rekabet edebilmesi için modern ıslah teknikleri kullanılarak, bazı zayıf yönlerinin iyileştirilmesine ihtiyaç vardır (Yücel, 2019). Gerçekleştirilecek olan ıslah çalışmalarında verim ve uzun ömürlülük temel amaç olmalıdır.

KORUNGANIN ORIJİNİ, SİSTEMATİKTEKİ YERİ VE BOTANİĞİ

Onobrychis viciifolia’nın Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika’da dahil olmak üzere dünyanın birçok yerinde yüzyıllardır yetiştiriciliği yapılmaktadır (Frame ve ark., 1997). Korunganın orijini Orta Asya olarak bilinmektedir. İlk olarak Güney Fransa’da 1582 yılında yetiştiriciliği yapılmış olup, ardından Avrupa’ya yayılmıştır. Geleneksel olarak korunga, özellikle Türkiye, Kafkasya ve Hazar bölgeleri olmak üzere Asya’da yaygın, yerli bir türdür (Ortiz ve Smith, 2015). *Onobrychis viciifolia*, bugün halen Doğu Avrupa, İtalya, İspanya, İran ve Türkiye’de yetiştiriciliği yapılmaktadır. *Onobrychis viciifolia*’nın Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika’da dahil olmak üzere dünyanın birçok yerinde yüzyıllardır yetiştiriciliği yapılmaktadır (Frame ve ark., 1997).

Tablo 1. Korunganın (*O. Viciifolia* Scop.) Sistematikteki Yeri

Alem	Bitkiler
Alt Alem	Damarlı Bitkiler
Bölüm	Kapalı Tohumlu (Magnoliophyta)
Sınıf	Çift Çenekli (Magnoliopsida)
Alt Sınıf	<i>Rosidae</i>
Takım	<i>Fabales</i>
Familiya	<i>Fabaceae</i> (Baklagiller)
Cins	<i>Onobrychis</i>
Tür	<i>Onobrychis viciifolia</i> SCOP.

*Kaynak: Anonim, 2023 c

O. viciifolia, İtalyanca'dan köken alan ve sağlıklı ot anlamına gelen İngilizce "Sainfoin" ve Fransızca "Saintfoin" Almanca ise "Esparsette", sağlıklı saman anlamına gelmektedir. Yabancı kaynaklardan mukaddes ot, aziz otu veya sağlıklı ot şeklinde isim çevirisi yapılan korunga, Türkiye'de bazı kaynaklara göre 'evliya otu', (Açıkgöz, 2021) olarak isimlendirilse de, bazı kaynaklarda yanlış olduğu ifade edilmektedir (Tarman, 1954). Anadolu'da ise korungaya 'görünge' veya 'koringa' denilmektedir (Açıkgöz, 2021; Tarman, 1954). Türkiye'de korunga tarımının başlama tarihi hakkında bir bilgi bulunmamasıyla birlikte eski tarihlerden bu yana tarımının yapıldığı tahmin edilmektedir (Manga ve ark., 1995).

Akçelik (2009), 4 farklı *Onobrychis* türünde feulgen yöntemi ile hazırladığı kök ucu preparatlarında yaptığı karyolojik incelemeler sonucunda, *O. hypargyrea* Boiss., *O. gracili* Besser, *O. tournefortii* Desv. türlerinin $2n=14$ kromozom, *O. argyrea* Boiss subsp. *argyrea* türünün ise $2n=16$ kromozoma sahip olduğunu belirtmiştir.

Normal olarak yabancı döllenmiş korunga, $2n=28$ kromozom sayısına sahip olup, temel kromozom sayısı $x=7$ ve $x=8$ 'dir. Korunganın diploid türlerinde kromozom sayısı $2n=2x=14$ ve $2n=2x=16$ olarak tür ve genomlara göre değişiklik gösterirken, poliploid türlerde ise kromozom sayısı $2n=2x=28$ 'dir (Eken ve ark., 2004).

Onobrychis viciifolia epigeal çimlenme gösteren çok yıllık bir baklagil yem bitkisidir. Uzun ve güçlü ana kökleri ve buna bağlı olarak çok sayıda oluşturduğu ince yan kökleri sayesinde kuraklığa oldukça dayanıklıdır. Bitki ilkbaharda geliştikçe tabandan içi boş gövdeler büyür. Dik veya yarı dik gelişen

bir forma sahip olup, çeşide göre değişiklik göstermekle birlikte 40-100 cm boylanmaktadır (Thomson, 1951). Her gövde üzerinde uzun yaprak saplarında çiftlerli olarak dizilmiş 10-28 adet yaprakçık ve bir uç yaprakçıktan oluşan yapraklara sahiptir. Bitkide bir çiçek salkımında yaklaşık 10-80 adet çiçek bulunmakta ve bu salkımlar koltukaltı kardeşlerde gelişmektedir (Carbonero, 2011). Her çiçek kahverengi bir bakla içerisinde bulunan böbrek şeklindeki korunga tohumunu meydana getirebilir. Korunga meyveleri dikenli veya dikensiz formda olabilir. Her çiçek kahverengi bir bakla içerisinde bulunan böbrek şeklindeki korunga tohumunu meydana getirebilir. Korunga meyveleri dikenli veya dikensiz formda olabilir.

KORUNGA ÇEŞİTLERİ

Yeryüzünde korunga cinsine ait bilinen 162 tür mevcuttur. Yeryüzünde yalnızca palearktık bölgede, özellikle de Anadolu'nun güneyinden başlayıp Asya'nın ortasına uzanan bir hat üzerinde yetişir. Avrupa'nın batısından başlayıp kuzeyden Asya'nın ortası ve Sibiry'a kadar uzanan hat üzerinde yetiştiği de bilinmekle birlikte bu cinse ait türler, özellikle coğrafyamızda yoğunlaşmıştır (Aktoğlu, 1995). Oldukça geniş olan tür çeşitliliğine rağmen korunganın sadece aşağıda sayılan 3 türü tarımsal açıdan önemlidir Tan ve Sancak, 2009).

- 1) Yaygın Korunga (*Onobrychis sativa* Lam. Syn.:*O.viciifolia* Scop.)
- 2) Anadolu Korungası (*Onobrychis arenaria* Kit. Ex. Wild. D.C.)
- 3) Kafkas korungası (*Onobrychis transcaucasica* Gross H.)

Onorychis viciafolia'nın gelişme durumu ve bir mevsimdeki biçim sayısı açısından farklılık gösteren farklı varyeteleri de mevcuttur. Söz konusu varyetelerin özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. *Onobrychis viciifolia* subsp. *sativa*'nın gelişme ve bir mevsimdeki biçim sayısına göre alt türlerinin sınıflandırılması

	Tek Biçimli Korunga	İki Biçimli Korunga	Çok Biçimli Korunga
Latincesi	<i>Onobrychis sativa</i> var. <i>communis</i>	<i>Onobrychis sativa</i> var. <i>Bifera</i> Hort	<i>Onobrychis sativa</i> var. <i>persica</i>
Coğrafik Orijini	Orta Avrupa	Orta Doğu	Orta Avrupa
Bitkisel Özellik	İnce gövdeli, 60 cm kadar boylanabilir. Tesis yılında yalnızca rozet yaprakları gelişir. Yılda bir defa çiçek açar.	İri yapılı, otlatma dayanıklıdır. Yaprak ve dal açısından oldukça zengindir. Yılda iki defa çiçek açar.	Boyu 1 m civarında, sap içi boş olup odunlaşmadığından kaliteli ot verir. Mevsimde 3-4 kez biçilebilir.
Yaşam Süresi	7-10 Yıl	3 Yıl	-

*Kaynak: (Ortiz ve Smith, 2015; Soya ve ark., 1997)

Türkiye’de bulunan *Onobrychis* türleri ile ilgili en geniş kaynak *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*’dır ve bu kaynakta cins 46 tür ile temsil edilmektedir (Hedge, 1970). Davis ve Tan (1988), söz konusu türlere 6 yeni tür daha eklemişlerdir. Duman ve Vural (1990)’da Kahramanmaraş’tan yeni 1 tür dahil etmişlerdir. Sonraki yıllarda, *O. cigdema* Yıldırımli, *O. cigdema* Yıldırımli alttür *gorkemii* Yıldırımli (Yıldırımli, 2004), *Onobrychis alba* subsp. *calcarea* (Vandas) P.W. Ball (Vladimirov ve ark., 2007) ve Aybeke ve Dane (2017) ise *Onobrychis mehmetchiquii* Aybeke ve Dane türünü eklemişler ve bu türlerle birlikte Türkiye’de tür sayısı 55’e yükselmiştir.

KORUNGANIN BİTKİSEL ÖZELLİKLERİ

Kök; Korunga, 5 metreye kadar inebilen, kuvvetli ve odunlaşmış bir köke sahiptir. Bitki yaşlandıkça kökün toprak yüzeyine yakın kısmı odunlaşır ve rengi koyu kahverengi olur (Tekeli ve Ateş, 2011). Toprak tabanı kalkerli, kayalık, çakıllı olan marjinal topraklarda iyi bir kök sistemi oluşturabilir (Manga ve ark., 1995; Tarman, 1954). Korunga bir baklagil bitkisi olduğu için

kalın etli kökleri ve özellikle yan kökleri üzerinde fazla sayıda yumru meydana getirir ve böylece havanın serbest azotundan yararlanır (Açıkgöz, 2021).

Sap; Korunga bitkisinin taç kısmından çok sayıda sap meydana gelir. Hafifçe tüylü olan bu sapslar dik ve yarı yatık olarak gelişirler. Bitki boyu normal şartlar altında 30-60 cm, verimli toprak şartlarında ise dik gelişen çeşitler 120 cm kadar yükselebilmektedir. Otsu yapıdaki sapın alt kısımlarda içi boş, üst kısımlarda ise doludur (Tan ve Sancak, 2009). Korunga bitkisinin ilk gelişimi ve sonbahar büyümesi rozet formundadır (Manga ve ark., 1995).

Yaprak; Korunga yaprağı bileşik yapraktır. Yaprağı meydana getiren yaprakçıklar bir eksen üzerinde karşılıklı olarak dizilmişlerdir ve bu eksenin uç kısmında da bir yaprakçık bulunmaktadır (Şekil 1). Bir yapraktaki yaprakçık sayısı 5-11 adettir, nadirde olsa bu sayı 25'e kadar yükselmektedir. Yaprakların alt kısımları koyu yeşil renkte ve basık tüylü, üst kısımları ise tüylü veya tüysüzdür (Manga ve ark., 1995; Tarman, 1954).



Şekil 1. Korungada Gözlemlenen Yaprak Çeşitliliği (Carbonero, 2011; Malisch, 2016).

Kulakçık; Yaprak ekseninin sapla birleştiği noktada bulunan kulakçıklar geniş, kırmızımsı yeşil, zarsı, sapa kaynaşmış veya serbest haldedir. Genelde yaprakçıklar kadar uzun ve ucu sivri mızrak şeklindedir (Açıkgöz, 2021).

Çiçek ve Çiçek Topluluğu; Korunganın çiçekleri uzun ve silindirik şeklinde bir sapın uç kısmında yer almıştır. Çiçekler bir eksen üzerinde sıralanarak salkım meydana getirir. Salkım üzerindeki bu çiçekler başlangıçta sık bir şekilde dizili olup, çiçek ekseninin uzamasıyla birlikte seyrekleşirler. Bir salkımda 5-80 civarında çiçek bulunmaktadır (Deveci ve ark., 2012). Taç yapraklar pembe ya da açık kırmızı renktedir (Şekil 2). Yabancı döllenmiş bir bitki olan korunganın çiçekleri bol miktarda bal özü oluşturduğu için arılar ve böcekler tarafından sık ziyaret edilmektedir. (Deveci ve ark., 2012).



Şekil 2. Korunga Çiçeklerinde Gözlemlenen Renk Çeşitliliği (Carbonero, 2011).

Bakla (Meyve); Korunganın meyvesi içerisinde bir adet tohum bulunduran bir bakladır. Meyve olgunlaşınca açılmaz ve böylece tohumla birlikte toprağa düşer veya hasat edilir. Korunga meyveleri yarım daire şeklinde olup, hafif yassıdır. Meyvenin yüzü bariz görülebilen ağ şeklinde damarlarla kaplanmıştır. Rengi sarı, açık ya da koyu kahverengidir. Meyve uzunluğu 5-8 mm, eni 4-6 mm arasında değişmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Korunga Baklaları

Tohum; Korunga tohumları küçük böbrek şeklinde olup, yuvarlak bir göbek başına (hilum) sahiptir. Renkleri koyu yeşil, kahve ya da siyahtır (Şekil 4). Baklalarından ayrılan tohumlar hızla çimlenir. Ancak çimlenme güçlerini uzun süre koruyamazlar, bu yüzden genellikle baklalı bir şekilde ekilirler. Tohum bakla içerisindeyken çimlenme gücünü 3 yıl boyunca koruyabilmektedir.

Büyük, kahverengi tohumlar, tohum hasadı ve temizliği sırasında bozulmadan kalan baklalarda tek başına taşınır. korunga tohumu, en yaygın yem baklagillerinininkinden daha büyüktür. Bir kilo kabuksuz korunga, bir kilo yoncadaki 220.000 tohuma kıyasla yaklaşık 32.400 tohum içerir (Cash ve ark., 1993). Koyu kahverenkli olan korunga tohumlarının bin dane ağırlığı 17-32 g arasındadır (Açıkgöz, 2021).



Şekil 4. Korunga Baklaları İçerisindeki Tohumlar (Malisch, 2016).

Fide; Fidenin etli, kalın, sapsız iki adet kotiledonu vardır (Manga ve ark., 1995). İlk yaprak bir tanedir ve ince uzun silindirik şeklinde bir sapın ucunda meydana gelmiştir. Bu ilk yapraktaki kulakçık oldukça sivridir. Ancak ikinci ve üçüncü yapraklar *Trifolium* cinsinde olduğu gibi üç yaprakçıktan oluşmaktadır. Daha sonra oluşacak gerçek yapraklar ise üçten fazla yaprakçığa sahiplerdir (Elçi, 2005).

KORUNGANIN ÖNEMİ VE KULLANIM ALANLARI

Yüzyıllardır yetiştiriciliği yapılan korunga, 20. yüzyılın ikinci yarısından sonra önemini yavaş yavaş kaybetmeye başlamıştır (Piano ve Pecetti, 2010). Bunun nedeni olarak, yonca ve üçgülün piyasaya sürülmesi ve korungaya kıyasla daha yüksek verime sahip olmalarını söylemek mümkündür (Piano ve Pecetti, 2010). Ancak son yıllarda gelişen teknolojiyle birlikte korunganın faydaları daha iyi anlaşılacak, yeniden ilgi çekici hale gelmiştir.

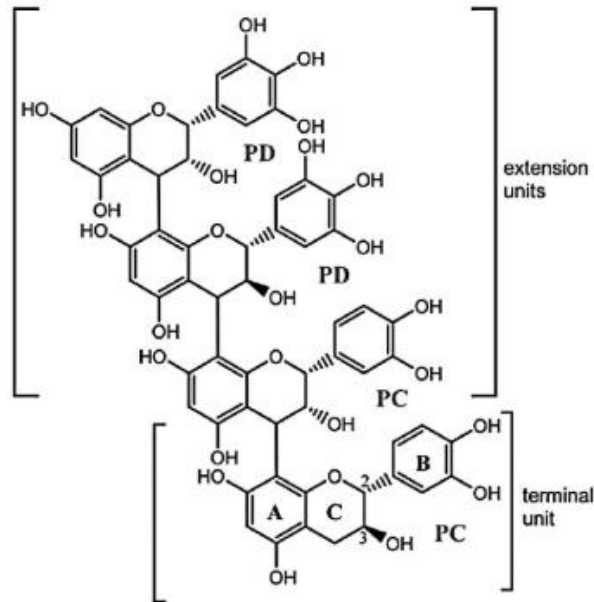
Besleme Değeri ve Karışımlarda Kullanımı

Tanenler bitkilerde doğal olarak bulunan, bitkilerin kendilerini patojen mikroorganizmalara ve virüslere karşı korumak için ürettikleri polifenollerdir (Boğa ve ark., 2021). Temel görevi, proteinlere bağlanmak ve çöktürmek olan tanenler, insanlar tarafından tüketilen gıdalarda ve hayvan yemlerinin besleyici değerleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Aydın ve Üstün, 2006). Tanenlerin varlığı bitkinin büyüme döneminde genellikle kırmızımsı veya kahverengimsi renklerle kendini gösterir (Gutteridge ve ark., 1994). Tanenler hayvanların rumen fermantasyonunu olumlu yönde etkilemektedir. Hayvanların yemlerle bünyelerine aldıkları tanenler, rumende proteinlerle bileşik oluşturarak mikroorganizmaların proteinleri parçalamasını önler (Boğa ve ark., 2021). Rumendeki protein sindirimini azaltmakta, rumende şişkinliği önlemektedir (Kutlu ve Özen, 2009).

Tanenler; molekül yapılarına göre hidrolize olan ve hidrolize olmayan tanenler (kondanse tanenler, proantosiyanidinler) olarak ikiye ayrılmaktadır (Goel ve ark., 2005; Kamalak ve ark., 2005). Hidrolize olabilen tanenler genellikle meyve tohumlarında düşük miktarda bulunmaktadır (Aydın ve Üstün, 2007). Proantosiyanidinler ise yem bitkisi olarak kullanılan ağaç ve

çalılarda en yaygın bulunan tanen grubudur (Gutteridge ve ark., 1994). Proantosiyanidinler yoğunlaştırılmış tanenler olarak da bilinirler ve flavan-3-ol polimerleridir (Şekil 5).

Proantosiyanidinler (PA), çoğu odunsu bitkide bulunmaktadır ve bitkinin vejetatif yapılarında sentezlenmektedir. Korunganın, sekonder metabolit olduğu bilinen yoğunlaştırılmış tanenlerce zengin olduğu ve sekonder metabolitlerin bitkinin savunmasında önemli bir rolü olduğu bilinmektedir (Volf ve ark., 2015). PA'lar korunganın yanı sıra yine bir baklagil yem bitkisi olan gazalboynuzunda da bulunmaktadır. Ancak, Scharenberg ve ark. (2007), taze kurutma veya silolama işlemlerinden bağımsız olarak, korunganın gazal boynuzundan daha yüksek miktarda tanen içeriğine sahip olduğunu bildirmiştir. Korungadaki tanenlerin bileşimi çeşide ve korunganın gelişim aşamalarına göre değişiklik göstermektedir (Koupai-Abyazani ve ark., 1993).



Şekil 5. Proantosiyanidinlerin Yapısı

Proantosiyanidinlerin hayvan iştahbesinde bulunan mikroorganizmalar ile etkileşimi, insan tüketimi için hayvansal ürünlerin kalitesini arttırabilmektedir. Proantosiyanidin içeren bitkilerle beslenen ruminantların,

yonca ile beslenen ruminantlara kıyasla canlı ağırlığında daha fazla artış meydana gelmekte, süt verimi ve kalitesinde artış olmaktadır (Reed, 1995). Korunga otu süt ineklerine yedirildiğinde sütün ve tereyağın kalitesini arttırmaktadır (Açıkgöz, 2021). Girard ve ark. (2015) dört farklı yem arasından korunga ile beslenen kuzuların etinde faydalı yağ asitlerince en yüksek değer ortaya çıktığı ve bu durumun eti tatsız hale getirip, kötü tadın oluşmasına sebep olan skatol içeriğini düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Korunganın içeriğinde bulunan tanen protein kullanımını olumlu yönde etkileyip, hayvanın büyümesini hızlandırmaktadır. Yapılan *in-vitro* araştırmalar, korunganın ruminantlardan kaynaklanan metan emisyonlarını azaltma potansiyelini ortaya koymaktadır (Hatew ve ark., 2016). *Onobrychis* türlerinde yoğunlaşmış olan tanenlerin otlayan ruminantlarda sindirim sistemi içindeki nitrojen kullanım etkinliğini arttırıp, altihelmintik özellik sağlamakta ve şişkinlik meydana gelmesini önlemektedir (McMahon ve ark., 1999).

Korunga tanen içeriği zengin bir bitki olmasına rağmen, en lezzetli yem bitkilerinden biri olarak kabul edilir. Scharenberg ve ark. (2007), *O. viciifolia*'nın koyunlar için *Lotus corniculatus*'tan daha lezzetli olduğunu belirtmiştir. Korunga çim türlerine kıyasla %20-24, *Trifolium pratense* veya *Medicago sativa*'ya göre %10-29 daha yüksek lezzetliliğe sahiptir (Waghorn ve ark., 1990).

Korunga yemi, yüksek ham protein içeriği, yüksek lezzet ve besin değeri ile ruminantların beslenmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Delgado ve ark., 2008). Korunga konsantre tanen içeriğinden dolayı geviş getiren hayvanların sindirim organlarında metan ve amonyak gazını azaltıp hayvanların sağlığı ve verimi üzerine önemli katkı sağlamaktadır (Rumball ve Claydon, 2005) Korunganın geviş getiren hayvanların sindirim sistemindeki parazitleri azalttığı ve bu hayvanlardan kaynaklanan metan emisyonlarını azaltarak çevresel faydalar sunduğu açıklanmıştır (Malisch ve ark. (2015); Sottie ve ark., (2014)). Ayrıca korunga içerdiği tanenler nedeniyle taze tüketildiğinde hayvanlarda şişme yapmadığı için otlatma amacıyla kullanılabilir iyi bir mera bitkisidir (Niderkorn ve ark., 2012). Korunga, yonca ile birlikte karışım halinde yetiştirildiğinde, saf yonca ile otlatılan hayvanlara kıyasla şişkinlik oranında azalma meydana gelmektedir (Malisch ve ark., 2015). Korunga, hindiba (*Cichorium intybus* L.) ve gazalboynuzuna (*Lotus corniculatus* L.) göre ham protein bakımından daha zengin olup, NDF

ve ADF bakımından daha düşük olması nedeniyle ruminantlar için daha besleyicidir (Scharenberg ve ark., 2007). Çok yıllık yem bitkileri ile karışım halinde yetiştirilmekle birlikte silaj olarak da kullanılabilir.

Azot Fiksasyonu ve Bakteri Aşılması

Bir baklagil yem bitkisi olan korunga, *Rhizobiaceae* familyasından bakteriler ve mikorizal mantarlar ile simbiyotik ilişkiler kurma yeteneğine sahiptir. Bu simbiyotik ilişki korunganın kök nodüllerinde gerçekleşir. Bu nodüllerde bakteriler atmosferik nitrojeni amonyağa indirger ve korunga, protein üretmesini sağlayacak olan amino asitlerin sentezlenmesi için bu amonyağı kullanır. Mikorizal simbiyoz olayında görevli mantarlar, korungaya topraktan fosfat ve diğer besinleri sağlar, bitkinin patolojik enfeksiyonlara karşı direnç geliştirmesine yardımcı olur. Korunga ise bu mantarlara yaptığı karbon desteği ile simbiyotik ilişki kurulmasını sağlar (Ortiz ve Smith, 2015).

Korunga mineral azotlu gübreler olmaksızın marjinal topraklarda büyüme yeteneğine sahip bir bitkidir. Köklerinde bulunan *Rhizobium* bakterileri sayesinde havanın serbest azotunu toprağa fikse ederek, toprağı azotça zenginleştirip, toprağın organik madde miktarını iyileştirerek gübre ihtiyacını azaltmaktadır. *Onobrychis viciifolia*'nın fikse ettiği nitrojen miktarı ise 13-16 kg/da'dır (Provorov ve Tikhonovich, 2003). Korunga monokültür tarıma kıyasla, karışık ekimlerde aynı veya daha yüksek miktarda azot fikse edebilmektedir. Ayrıca karışık ekimlerde yabancı ot istilasının önüne geçip, biyoaktiviteyi korumakta ve simbiyotik nitrojen fiksasyon etkinliğini artırarak korunga yetiştiriciliğini geliştirmektedir (Malisch, 2016).

Aşılama işlemi, korungada nodül oluşum şansını arttırmak amacıyla azot bağlama yeteneği olan bakterileri tohuma veya toprağa olmak üzere iki farklı şekilde bulaşmasının sağlanmasıdır. Aşılama yapılacak bakterilerin canlılığını kaybetmemesi için kullanılacağı zamana kadar karanlık, güneş görmeyen ve serin bir ortamda muhafaza edilmesi gerekmektedir. Tohumlara etkili olacak bakteri ile aşılama yapıldığı takdirde bitkinin köklerinde nodül gelişimi erken dönemde başlayıp, bitki topraktaki azot eksikliğinden etkilenmeden gelişimini tamamlaması sağlanabilir (Uyanık ve ark., 2011).

Kuraklık Toleransı

Tarımda, kuraklığın bitkilerde meydana getirdiği değişimler anlaşılacak, kuraklığa dayanıklı bitkilerin seçimi ve adaptasyonu iklim değişikliğinin sebep olduğu olumsuzlukların üstesinden gelinmesi açısından son derece önemlidir. Su eksikliği tüm dünyada verimli ve kaliteli bitki üretimi için ciddi bir engeldir ve bu engel bitkinin büyüme ve gelişmesini farklı şekillerde azaltmaktadır. Nitekim kurak yıllarda Avusturalya’da bazı tarım ürünlerinin (buğday, arpa, acı bakla vb.) verimi %25-45 arasında azalmıştır (Madadgar ve ark., 2017). Kuraklık, bitkinin gelişimini geciktirir, hastalık ve zararlılara karşı bitkiyi savunmasız hale getirir, bitkide fizyolojik ve biyokimyasal metabolizmayı değiştirir (Boyer, 1968). Kuraklık birçok yem bitkisinde vejetatif büyümeyi, bitki morfolojisini, yem verimini ve daha pek çok bileşeni olumsuz yönde etkilemektedir. Ancak bu zor şartlar altında korunga kuraklığa toleransı ile ön plana çıkmakta ve kuraklık dönemlerinin sıklığı ve şiddetinin artacağı ileriki dönemler için önemini oldukça artacağı bir türdür (Malisch, 2016). Korunga derinlere inen kazık kökleri ve aşırı kuraklık toleransı ve tuzluluğa dayanıklılığı ile kurak yaz aylarında çok az bakım gerektirir. Ayrıca diğer bitkilerin gelişemediği step ve kireçli topraklarda gelişmektedir (Parlak ve Parlak, 2008). Sarmadnia ve Bagheri (1990) tarafından korunganın farklı popülasyonlarının tuzluluğa ve kuraklığa dayanıklı olduğu da ifade edilmiştir. Farklı araştırmalarda kurak şartlarda yapılan çalışmalarda kuru madde verimleri Amasya ekolojik şartlarında 611.1 kg/da (Yavuz ve Karadağ, 2016a), tokat ekolojik koşullarında ise 883.3 kg/da (Yavuz ve Karadağ, 2016b) olarak belirlenmiştir.

Arılar İçin Korunga

Korunga yabancı tozlanan bir yem bitkisidir. Korunga çiçekleri çekici oldukları için bal arılarının ilk ziyaret ettiği bitkidir (Şekil 6). Floranın yetersiz olduğu bölgelerde bal arılarınca nektar ve polen kaynağı olarak tercih edilmektedir (Özdemir ve ark., 2022). Korunga çiçeklerinin göz alıcı ve iri oluşu, çiçek salkımlarının bitki sapının ucunda bulunuşu ve tripping olayının gözlenmemesi korungayı arıcılık açısından önemli kılmaktadır (Tan ve Sancak, 2009). Korunga tohumu üretimi yapılan alanlarda çiçeklenme dönemi başlangıcında dekara en az iki adet arı kovanının konulması durumunda tozlaşma oranı yükselerek, tohum verimi yanında bal veriminde ve kalitesinde

artış sağlanmaktadır (Korkut, 2003). Bir dekar korungadan yaklaşık olarak 9-40 kg kaliteli bal elde edilebilmektedir (Aksoy, 2011; Devenci ve ark., 2012). Kropacova (1969), korungadan üretilen toplam nektar şekeri miktarını 32.8-130.3 kg/ha olarak hesaplamıştır. Kells (2001), korunganın diğer ılıman bitkilere kıyasla daha fazla bal verdiğini, aynı zamanda hem bal arılarının hem de yaprak kesici arılarının korungada tozlaşmayı sağladığı ve korunga tohum verimini 10-25 kat arttırabileceğini belirtmiştir. Devenci ve ark. (2012), korunganın önemli bir kaliteli kaba yem kaynağı olmasının yanı sıra bal arılarının korungadan nektar ve polen alırken aynı zamanda tozlaşmayı da sağladıklarını, korungayı arı merası olarak değerlendirmenin, arı popülasyonlarının çoğalmasını ve ekosistemin dengeli bir şekilde devam etmesini sağlayacağını belirtmişlerdir. Kendine has bir döllenme mekanizmasına sahip olan korunga çiçeklerinde arılar sayesinde mekanik tozlaşma olmasıyla birlikte, korunga bitkisinin tohum verimindeki artışın da yine bal arıları sayesinde mümkün olduğunu bildirmişlerdir.

Bir korunga tarlasında birim alandaki arı sayısı, çevredeki kovan sayısına ve kovanların korunga tarlasına olan uzaklığına göre değişmektedir. Çevrede kovan sayısı arttıkça korungaları ziyaret eden arı sayısında da artış meydana gelmektedir (Özbek ve Yıldırım, 1996). Ebeling ve ark. (2008) toplam 60 bitki türünün bulunduğu bir alanda 32 adet bitkinin, polinatör böceklerce ziyaret edildiği ve korunganın 3430 ziyaret ile polinatörler tarafından en çok ziyaret edilen bitki olduğunu tespit etmişlerdir. Özbek ve Yıldırım (1996) ise Doğu Anadolu Bölgesi'nde bal arıları tarafından ziyaret edilen bitkiler arasında ilk sırada korunganın olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 6. Arılar İçin Önemli Bir Polen Kaynağı Korunga

Korunganın Toprak Islahı ve Erozyon Önleme Açısından Önemi

Son iki yüzyıldır dünyadaki başlıca çevresel kaygılardan biri kuraklık ve çölleşmedir. Kuraklık nedeniyle özellikle kurak ve yarı-kurak bölgelerde bitki örtüsü seviyesi önemli kayıplar göstermektedir. Azalan bitki örtüsü ise toprak erozyonu ve topraktaki yapısal bozulmayı beraberinde getirmektedir. Son yıllarda erozyon problemlerini hafifletebilmek ve toprak kayıplarını azaltabilme açısından yeşil örtü kullanımının, genç fidan dikimine göre daha fazla avantaj sağlayacağı anlaşılmaktadır (Zuazo ve ark., 2011). Korunga, derinlere giden zengin kök sistemine sahiptir ve kökleri sayesinde toprağın alt tabakalarını yumuşatır, toprakta fazla miktarda kök kalıntısı bırakır. Kökleri kireçli kayaların çatlaklarından girebilir ve açarak yerleşebilir. Bu gibi kayalık arazilerin değerlendirilmesinde korunga oldukça önemlidir. Zayıf ve kıraç nitelikte toprakların ıslahında kullanılabilir. Korunga, toprak yüzeyi üzerinde yoğun bitki örtüsü oluşturan bir türdür. Bu özelliği sayesinde, toprak erozyonunu 7 yaşındaki genç karaçamdan ve hatta 30 yaşındaki olgun karaçamdan daha fazla azaltır (Sarıyıldız ve Savacı, 2020). Korunganın, kök bakımından zengin olması kökünün 4 m kadar derinlere inebilmesi, at katmanlara yıkanan bitki besin elementlerini kökleri yardımı ile üst kısımlara çıkarması, rizobium bakterisi ile azot bağlaması yanından toprağa yoncadan daha fazla (yaklaşık 1.8 ton/da) kök kalıntısı bırakması (Sencar ve ark., 1994), bunların biyolojik ayrıştırıcılar tarafından ayrıştırılması ve bunların sonucunda

toprak organik maddesinin artırılması, toprak yapısının iyileştirilmesi, toprağın su ve besin tutma kapasitelerinin arttırması gibi avantajları bulunmaktadır. Nahed ve ark. (2018), korunganın verimli bir bitki örtüsü olarak ön plana çıktığını, yağmurla beslenen üzüm bağlarında toprak-su yönetiminin sağlanması ve korunmasını geliştirmek amacıyla oldukça etkili bir bitki olduğunu belirtmişlerdir.

Korunganın Ekim Nöbeti Açısından Önemi

Aynı tarım arazisi üzerinde, farklı kültür bitkilerinin belirli bir sıra içinde yetiştirme mantığına dayanan münavebe (ekim nöbeti) sistemleri içerisinde korunga ve fiğ önemli yer tutmaktadır. Bitkiler tarafından azotun alınması ve kullanılması, tüm bitkilerde olduğu gibi yem bitkilerinde de verim ve kalite açısından son derece önemlidir. Baklagiller N gereksinimlerini azot fikse eden rhizobia bakterileri ile simbiyoz yaşamaları sayesinde azaltmaktadırlar (Sheppard ve ark., 2019). Korunga, azot fiksasyonu ile toprağın organik maddesini arttırmaya yardımcı olması yanında toprağı su ve rüzgâr erozyonuna karşı koruması nedeniyle yağışın yetersiz olduğu kuru tarım alanlarında uygulanan münavebe sistemleri içinde yer verilmesi gereken bir baklagil yem bitkidir. Nitekim sulanmayan alanlar için Sabancı (2013), Orta Anadolu Bölgesi için; korunga (3 yıl) - buğday + kolza - nadas, tohumluk fiğ - buğday + tek yıllık yoncalar -nadas, korunga (3 yıl) - nadas - buğday, korunga (3 yıl) - buğday - kolza - arpa, Doğu Anadolu Bölgesi için korunga (3 yıl) - kolza + buğday, fiğ tahıl karışımı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi içinse; korunga (3 yıl) – buğday (2 yıl) münavebe sistemlerinin kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Yapılan bir araştırmada, fiğ ve korungadan sonra nadasın yer aldığı ve nadastan sonra buğdayın ekildiği fiğ-nadas-buğday ve korunga – korunga – korunga – nadas – buğday – nadas - buğday münavebe sistemlerinin en uygun sistem olduğu tespit edilmiştir (Tosun ve ark., 1987). Fu ve ark. (2019), uzun süreli münavebe sistemlerinde toprakta N depolanması, mineralizasyon ve N kullanılabilirliğini inceledikleri çalışmada, 3 yıllık korunga-kışlık buğday-kışlık buğday-korunga münavebesinin toprakta yüksek azot girdisinin elde edildiği ekim nöbetlerinden olduğunu, münavebeli ekim nöbetlerinde artan toplam N girdisi nedeniyle toprak N depolamasını, mineralizasyonunu ve N kullanılabilirliğini artırdığını ve bu sistemlerin birlikte ekim ve nadasa bırakmaktan daha yararlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Zoya ve ark. (2020), Doğu Sibirya koşulları altında, *Onobrychis arenaria* ile yapılan münavebeli ekimlerde ortalama olarak hareketli fosfor içeriğinin 100 g toprak başına 15.3 ila 17.1 mg, nitrat değerinin ise 21.5 ila 25.3 mg/kg arasında arttığını ve korunga içeren münavebeli ekimlerin ortalama veriminin korungasız münavebe sistemlerinden %16.6 oranında daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

KORUNGANIN YETİŞTİRİCİLİĞİ

İklim İstekleri

Korunga farklı iklim koşullarına uyum sağlayabilen, derin ve kuvvetli kökleriyle kurağa ve soğuğa karşı oldukça dayanıklı bir baklagil yem bitkisidir. Kuraklık nedeniyle başarız olunan alanlarda diğer baklagil yem bitkilerine kıyasla daha iyi verim elde etmek mümkündür. Yıllık yağış miktarı 300-400 mm altında olan bölgelerde başarıyla yetiőtirilip biçim alınabilmektedir. Su göllenmelerine karşı toleransı yoktur (Tan ve Sancak, 2009). Sulu Şartlarda yetiőtiiĐi takdirde kök ve kök boğazı çürüklüğü sebebiyle bitki örtüsünde hızla seyrekleşme meydana gelmektedir. Korunga fideleri olgun bitkiye kıyasla soğuğa karşı daha hassastır. Bu yüzden kışı sert geöen bölgelerde ilkbahar ekimi tercih edilmelidir (Açıkgöz, 2001; Manga ve ark., 1995).

Toprak İstekleri

Korunga toprak yönünden fazla seçici olmayan bir bitkidir. Genel olarak, besin maddelerince zengin olmayan, geöirgen, kuru ve kireöli, tınlı-kumlu topraklarda iyi gelişim göstermektedir. Kireö miktarı arttığa korunganın ot verimi de yükselmektedir. Fosforun yetersiz olduğu bölgelerde diğer baklagillere göre daha rahat yetişebilmektedir. Tuzluluğa dayanıklı bir bitki olup, fazla miktarda tuz içermeyen topraklarda tatmin edici miktarda tohum ve ot verimi elde etmek mümkündür (Açıkgöz, 2021). Asitli ve yaş topraklara uyum sağlayamaz. Taban suyu seviyesinin mümkün olduğunca derinlerde olmasını ister.

Korunganın tesis yılında henüz rhizobium bakterilerinin gireceği nodüller gelişmediği ve besin maddelerini kotiledonlar kullandığı için gelişiminin ilk aşamasında azotlu gübrelemeye ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden korungaya ekimle birlikte verilecek 5-10 kg/da DAP verimi oldukça arttırmaktadır. Toprağa azot bağladığı için ikinci yıldan sonra azotlu gübreleme

yapılmasına gerek yoktur. Ancak sonbaharda uygulanacak fosfor ile daha iyi sonuçlar elde etmek mümkündür. Topraktaki durumuna göre her yıl sonbahar ayında 10-15 kg/da fosforlu gübre ile daha kaliteli bir tesis edilebilir.

Ekim öncesinde korunga tohumlarına, havadaki serbest azotu korunga köklerinde nodoziteler oluşturarak toprağa bağlayan (rhizobium) bakterileri ile aşılama yapılması korunga gelişimi açısından daha iyi olacaktır.

Ekim Zamanı ve Şekli

Korunga için en uygun çimlenme sıcaklığı 10-20 derecedir. Korunga fideleri diğer baklagil fidelerine kıyasla yüksek sıcaklıkta gelişebilmektedir. Bu özelliğinden dolayı toprağa daha iyi bir şekilde tutunmaktadır. Ancak korunga fideleri soğuğa karşı toleranslı olmadığı için kışı sert geçen bölgelerde ekiminin ilkbaharda, kışı ılık geçen bölgelerde ise Ekim-Kasım aylarında yapılması önerilmektedir. Ekimi ilkbaharda yapılan bölgelerde, kurak dönem gelmeden önce bitkinin iyice gelişebilmesi için son donların bitiminden hemen sonra erken ilkbaharda ekim yapılması gerekmektedir (Açıkgöz, 2021). Korunga tohumları iri olduğu için çok iyi bir tohum yatağına ihtiyaç duymamaktadır. Tavlı, keseksiz, bastırılmış özellikle yabancı otlardan temizlenmiş bir tohum yatağına ihtiyaç duyar (Sencar ve ark., 1994).

Korungada, meyve kabuğu tohumun etrafını sıkı sıkıya sarmasından dolayı, akenin tohumdan ayrılması zordur. Bu yüzden tohumluk olarak, genellikle kabuklu tohum kullanılır. Kabuklu tohumlar kabuksuz tohumlara göre daha hızlı çimlenmesinde kabuklu tohumun bir avantajıdır Tan ve Sancak, 2009; Karadağ ve ark., 2022).

Kullanılan tohumluk miktarı ise bölge şartlarına göre değişmekle birlikte en uygun tohumluk miktarı 8 kg/da olup, bu miktar serpme ekimde 12-14 kilograma kadar çıkabilmektedir (Serin ve Tan, 1996). İri tohumları olmasına rağmen korunganın ekim derinliğinin 1.5-2 cm'yi geçmesi gerekir. Kıraç koşullarda korunga 20-40 cm sıra aralığı ile ekilmelidir (Açıkgöz, 2021). Kuru arazilerde m²'ye yaklaşık 23 tohum, sulu şartlarda ise m²'ye yaklaşık 31 tohum kullanılmaktadır (Cash ve ark., 1993).

Bakım

Bir baklagil yem bitkisi olan korunga diğer baklagil yem bitkileri gibi, fide gelişim sürecinde yabancı otlar ile rekabeti zayıftır. Bu dönemde yabancı

otlarla mücadele de dikkat edilmelidir. Korunganın ilk çimlenme zamanında üç yapraklı formda olması nedeniyle çiftçiler tarafından yabancı otlarla karıştırılarak, korunganın çıkmadığına kanaat getirilmektedir. Özellikle çıkış döneminde hem yabancı otların hemde korunganın teşhisinin iyi yapılması gerekmektedir. Tesis yılında yabancı ot temizliği küçük alanlarda çapa ile, büyük alanlarda ise kültivatör veya biçme makinalarıyla yapılabilmektedir. İlk yıldan sonra korunga tarlasında yabancı ot miktarı oldukça azalmaktadır. İlerleyen yıllarda korungada meydana gelebilecek seyrekleşme ile yabancı ot miktarında artış görülebilir.

Ekim yılında özellikle korunga fide döneminde iken, yabancı ot rekabeti korunga tesisinin başarısız olmasına neden olabilir. Ancak korunga fide döneminden sonra çoğu yabancı ottan daha iyi büyüyebilir. Yabancı otlar, ilk biçimlerde biçme makinası ile kontrol altına alınmaya on kayıtlı herbisit bulunmaktadır (Tablo 3). Herbisitlerin korungada kullanımı ise korunga bitkilerinin 15 cm'den kısa olduğu dönemde yapılması önerilmektedir. Herbisitlerin bitki üzerindeki kalıntıları ile ilgi çalışma ise henüz yapılmamıştır (Anonim, 2022c).

Tablo 4. Kanada'da korungada yabancı ot mücadelesi için kullanılan uygun herbisitler

Grup 1:	Achieve SC (tralkoxydim), Assure II (quizalofop-pethyl), Bison (tralkoxydim), Marengo (tralkoxydim), Poast Ultra (sethoxydim), Yuma GL (quizalofop-p-ethyl)
Grup 3:	Bonanza 480 EC (trifluralin), Rival EC (trifluralin), Treflan EC (trifluralin)
Grup 6:	Basagran (bentazon)

***Kaynak:** (Government of Alberta, 2014; Bhattarai ve ark., 2016)

Hasat

Korunga tarlasında ilk ekim yılında tesis yılı olduğundan dolayı çok az çiçeklenme görülür. İkinci yılında salkım tabanından başlayarak pembe çiçekler açar. Kıraç koşullarda çiçeklenme başlangıcında, sulu şartlarda ise tam çiçeklenme döneminde biçilmesi uygundur (Sabancı, 2009). Biçim zamanı geciktirildiği takdirde korunga gövdelerinde oluşacak odunlaşma ve kalınlaşmaya bağlı olarak kuru ottaki kalite düşecektir. Korungada diğer baklagil yem bitkilerinde olduğu gibi çiçeklenme dönemi başlangıcında yapılan biçim ile yüksek kalitede yeşil ot elde edilmektedir (Şekil 8). Sulanan ve yağışlı

bölgelerde yılda iki biçim almak mümkündür. Bir biçimle dekardan elde edilecek ot verimi toprak ve iklim şartlarına göre değişmekle birlikte, bir ton yaş ot ile 250-350 kg/da kaliteli kuru ottur (Sabancı, 2009).

Tohum hasadında, olgunlaşma alt baklalardan başlayacağı için üst baklaların olgunlaşması beklenmemelidir. Aksi halde dökülme meydana gelecektir. Tohum nemi % 40 altına düştüğünde veya tohumlar dökülmeye başladığında hasat edilmelidir. Tohum hasadı biçerdöverle kolaylıkla yapılabilmektedir. Ülkemizde kıraç koşullarda korungadan elde edilen tohum verimi 30-70 kg/da arasında değişmektedir (Açıkgöz, 2021) .



Şekil 7. Korunga Hasadı

KORUNGA HASTALIK VE ZARARLILARI

Korunga Hastalıkları

Toprak kaynaklı patojenlerin baklagil yem bitkilerinde çok ciddi sorunlar meydana getirdiği bilinmektedir. Korunga Türkiye’de yetiştiriciliği yapılan en önemli yem bitkilerinden olmasına rağmen, ekim alanlarında sıkça rastlanılan hastalıklara karşı yeterince çalışma yürütülmemiştir. *Fusarium* spp. çok sayıda tarımsal mahsulde yaygın olan toprak kaynaklı bitki patojenleridir (Auld ve ark., 1976; Eken ve ark., 2004). *Fusarium* türleri dünyanın farklı bölgelerinde korungada taç ve kök çürüklüğü ile ilişkilendirilmektedir. Türkiye’de korungada bulunan *Fusarium* türlerine ait ilk kayıtlar Erzurum’da elde edilmiştir. Hastalığın korunga bitkilerinde görülen bariz belirtileri ise ilk başladığında yaşlı yapraklardan genç yapraklara doğru sararmalar meydana gelmesi ve ilerleme halinde bütün kök sisteminde kahverengileşme ve

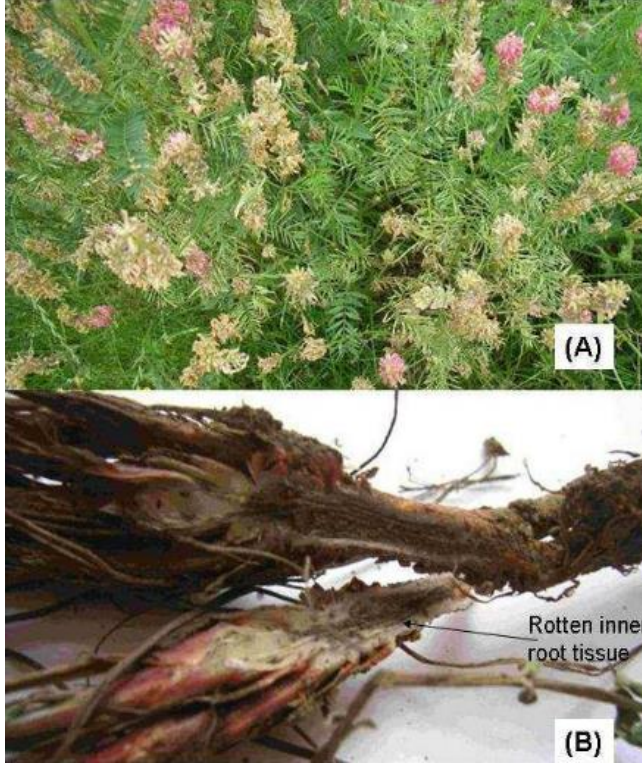
sonrasında çürüme meydana gelmesidir (Şekil 9). Erzurum'da 1998-1999 yıllarında korunga yetiştiriciliği yapılan alanlarda korunganın taç ve köklerinde *Fusarium* izolatu elde edilmiştir. Bu izolatlardan %55'inin *Fusarium acuminatum*, %17'sinin *Fusarium solani*, %14'ünün *Fusarium oxysporum*, %8'inin *Fusarium avenaceum*, %4'ünün *Fusarium equiseti* ve %2'sinin *Fusarium proliferatum* olduğu ve bunlar arasından patojenik olanların *F.acuminatum*, *F. Avenacuem*, *F.oxysporum* ve *F.solani* olduğu Eken ve ark. (2004) tarafından belirlenmiştir.

Korungada meydana gelen kök çürüklüğü ve buna neden olan patojenlere korunga yetiştiriciliği yapılan alanların birçoğunda rastlanıldığı için bu konu üzerine daha fazla araştırma yapılarak, toprak kökenli patojenlere karşı dayanıklı çeşitler geliştirilmesi, toprak koşullarının iyileştirilmesi gibi çeşitli kültürel uygulamaların faydalı olacağı düşünülmektedir (Eken ve ark., 2004).

Korungada zarar yapan bazı hastalık etmenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- *Sclerotinia trifoliorum* (kök, taç ve gövde çürüklüğü)
- *Fusarium solani* (kök çürüklüğü)
- *Verticillium alboatrum* (solgunluk)
- *Ramularia onobrychidis* (korunga yaprak lekesi)
- *Septoria orobina* (yaprak lekesi)
- *Pleospora hebarium* (yuvarlak leke)
- *Aschochyta onobrychidis* (gövde ve yaprak lekesi)(Anonim, 2023b)
- *Stemphylium sp.* (yaprak yanıklığı)
- *Erysiphe trifolii* (külleme)

Söz konusu hastalık etmenlerinden bazılarının oluşturduğu belirtiler Şekil 9, 10 ve 11'de görülmektedir.



Şekil 8. (A) *Fusarium sp.*'ye Bağlı Bitkide Solma Belirtileri, (B) *Fusarium sp.* ile Enfekte Bir Bitkinin Çürümüş Kökleri



Şekil 9. Korunga Yapraklarında ve Gövdesinde Beyaz Toz Lekeleri Gösteren *Erysiphe trifolii* Enfekteli Bitki



Şekil 10. *Stemphylium sp.*'nin Neden Olduğu Siyah Saplar ve Yaprak Lekeleri

Korunga Zararlıları

Son yıllarda ülkemizde korunga tarımı yapılan alanlarda görülen en önemli zararlı kök kurtlarıdır (Şekil 12). Bu duruma sebep olan, *Sphenoptera carceli* ve *Bembesia scopigera*'nın gelişmiş larvaları, korunga köklerinde açtıkları tünellerden kök öz bölümünü yiyerek bitkinin gelişmesini durdurmaktadır. Bu zararlılar, normal şartlarda 5-6 yıla kadar ömür uzunluğu olan korunganın, 2. yılının sonlarında veriminde azalma ve 3. yılının sonunda ise bitkide zarar daha da artmaktadır. Dolayısıyla korunganın yaşı arttıkça zararlı yoğunluğu da artıp, tarlalar kısa süre içerisinde sürülmek zorunda kalmaktadır (Açıkgöz, 2021).



Şekil 11. Korunga Görülen Kurt Zararı

Korunga Hastalık ve Zararlıları ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Hwang ve ark. (1992), tarafından Kanada Alberta’da 1989-1990 yıllarında yürüttükleri araştırmada, on adet korunga çeşidi ve 6 adet hat üzerinde kuru madde verimi, kışın hayatta kalma, *Fusarium* taç ve kök çürüklüğüne karşı dayanıklılığın belirlenmesini amaçladıklarını belirtmişlerdir. Tüm çeşitlerde ve hatlarda kışın hayatta kalma oranının ekimden 3 yıl sonra %30 azaldığını, en düşük hastalık şiddetine sahip olan Nova çeşidi dışında diğer çeşitler ve hatlar arasında taç ve kök çürüklüğü şiddetinde önemli fark meydana gelmediğini tespit etmişlerdir.

Cash ve ark. (1993), Montana eyaletinde sulanan alanlarda ekilen korungaların verimliliğinin ekimden dört veya beş mevsim sonra düştüğünü, bunun nedeninin de kök ve taç hastalıklarının olduğunu ifade etmişlerdir. Azalan tesis ömrünün ve verimin üç bakteri ve iki mantar patojeninden ileri geldiği ifade edilmiştir. Altı ay içinde patojenlerin bitkileri enfekte ederek taç ve köklerde renk değişikliğine sebep olduğunu, patojenler içi boş kısımlardan taca doğru hareket ettikçe taç çürüklüğünün geliştiğini ifade etmişlerdir.

Gültekin ve Güçlü (1997), korungada önemli zarara yol açan *Bembesia scopigera*’nın biyolojisi, bulaşıklık oranı ve doğal düşmanlarının belirlenmesi amacıyla Erzurum ekolojik şartlarında yürüttükleri araştırmada, *Bembesia scopigera*’nın birinci dönem haricinde bütün dönemlerini kök içinde oluşturdukları galeriler içerisinde geçirdiklerini saptamışlardır. Zararlının

larvalarının nisan ayında faaliyete geçmeye başladığı ve ilk pupalarının haziran ortalarında, ilk erginlerin ise haziran sonlarında görülüp, bu erginlerin uçuş süresinin 6-9 hafta sürdüğünü belirtmişlerdir. Temmuz başlarında zararlının ilk yumurtalarının görülmeye başladığını ve 10-14 gün sonrasında yumurtadan çıkan larvaların korunganın kök boğazındaki yarık, çatlak ve tomurcuklardan girerek zarar yapmaya başladığını tespit etmişlerdir. Eylül ayı sonlarına doğru kışlama dönemine giren *B. scopigera*'nın Erzurum ekolojik koşullarında yılda bir döl verdiğini belirtmişlerdir. Zararlının en yüksek bulaşıklık oranının %17.64 ile Merkezde saptandığını ve zararlının doğal düşmanı olarak *Bracon grandiceps*'in larva ve *Ascogaster gonocephala* larva-pupa parazitoidi olduğunu tespit etmişlerdir.

Tamer ve ark. (1997), 1990-1991 yıllarında Ankara ve Konya olmak üzere her ilden 3 ilçe, ilçelerden 3 köy ve bu köylerden 3'er tarla olmak üzere mayıs ayından itibaren birer ay aralıklarla, yonca ve korunga bitkilerinin kök, yeşil aksam ve toprak sathından örnekleri aldıklarını ve bu örneklerin incelenmesi sonucunda Coleoptera'dan 5 familyaya ait 25 tür; Heteroptera'dan 3 familyaya ait 15 tür; Homoptera'dan 6 familyaya ait 27 tür; Thysanoptera'dan 3 familyaya ait 10 tür; Hymenoptera'dan 4 familyaya ait 11 tür; Lepidoptera'dan 1 familyaya ait 1 tür; Diptera'dan 1 familyaya ait 6 tür tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Korungada kök içerisinde beslenen *Bembecia scopigera*'nın ve *Sphenoptera carceli*'nin bitki için önemli zararlılar olduklarını bildirmişlerdir.

Morrill ve ark. (1998), korunganın köklerinde beslenen böceklerin neden olduğu yaralardan kök patojenlerinin girişiyle yaşam devresinin normalden daha kısa sürdüğünü belirtmişlerdir. *Sitona scissifrons* Say (Coleoptera: Curculionidae) kurtlarının korunga yapraklarında beslendiğini ve larvalarının da köklere saldırdığını bildirmişlerdir.

Çelik ve ark. (2012), tarafından korungada verim ve kaliteyi etkileyen önemli hastalıklardan biri olan külleme hastalığına karşı potansiyel dayanıklılık kaynaklarının belirlenmesi amacıyla Ankara'da yürüttükleri çalışmada, değişik bölgelerden elde ettikleri, 64 farklı korunga tür, alt tür ve varyetesi ve 9 adet henüz tür teşhisi yapılmamış olan *Onobrychis* materyalinden oluşan 119 adet genotipi külleme hastalığına hassasiyetleri yönünden incelediklerini ve *Erysiphe trifolii*'nin 6 tür, 2 varyete ve 1 *Onobrychis* sp. üzerinde, *Leveillula taurica*'nın 13 tür, 2 varyete, 1 alt tür ve *Onobrychis* sp. üzerinde külleme hastalığı oluşturduğu ve 11 tür, 1 varyete, 2 alt tür ve 7 *Onobrychis* sp.'nin her

iki fungus tarafından hastalandırıldığını tespit etmişlerdir. 20 tür, 1 varyete, 3 alt türde her iki külleme etmeninin de görülmediğini bildirmişlerdir. Elde ettikleri bu verilere göre hastalığın görülmediği farklı genotiplerin külleme hastalığına karşı dayanıklılık kaynağı olarak değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

KORUNGA ÇEŞİTLERİ

Korunga ile ilgili varyeteler geliştirilmesi konusunda ABD, Kanada, Rusya ve aralarında Türkiye'nin de bulunduğu pek çok Avrupa ülkesinde çalışmalar sürdürülmektedir. Korunga ıslah çalışmaları ile hastalıklara karşı dirençli, gelişmiş nodülasyon ve azot fiksasyonuna sahip kurak alanlarda tek biçim sulu alanlarda çok biçim veren varyeteler geliştirilmiştir. Bu çeşitlerden bazılarının özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

Eski; ABD'nin Montana eyaletine Eskişehir'den götürüp ekilen ve kıştan zarar görmeyen dayanıklı bitkilerden seçilmiştir. Bu yüzden kışa çok dayanıklıdır. Biçim sonrası gelişimi yavaştır. Bir sezonda bir ila iki biçim verir (Manga ve ark., 1995). 1964 yılında Montana Eyalet Üniversitesi tarafından piyasaya sürülmüştür ve bölgenin batı kıraç meralarında en yaygın kullanılan korunga konumuna gelmiştir. Kuru ot üretimi için yaklaşık 350 mm yağışa gereksinim duymaktadır (Anonim, 2023).

Molrese; 1971 yılında Kanada Tarım Bakanlığı tarafından geliştirilmiştir. Eski çeşidine göre kışa daha dayanıklı ve daha yüksek ot ve tohum verimi elde edilen varyete olmuştur (Cooke ve ark., 1971). Korungada tescil edilip satılan tek çeşit olmuştur (Anonim, 2023a; Manga ve ark., 1995)

Nova; 1980 yılında Kanada Tarım Bakanlığı tarafından Rusya orijinli korunga materyalinden selekte edilmiştir. Nova, Melrose, Eski'ye göre daha uzun boyludur. Biçim sonrası yeniden büyümesi Melrose ve Eski'ye benzer iken, Remont'tan daha yavaştır (Hanna, 1981). Nova, diğer varyetelere göre daha fazla yem verimine ve kışa dayanıklılığa sahiptir (Anonim, 2023a).

Remont; İran'dan getirilen hızlı büyüme gösteren korungalardan 1971 yılında ABD Montana eyaletinde geliştirilmiştir. Remont'dan iki ile üç biçim alınabilir. Remont ve Eski varyeteleri benzer ancak sulu koşullar ve uzun büyüme mevsimine sahip alanlarda daha fazla verim vermektedir. Remont, Eski'ye göre ilkbaharda daha erken büyümeye başlar ve biçildikten sonra daha

üniform bir yeniden büyüme ve gelişim göstermektedir (Anonim, 2023a; Manga ve ark., 1995).

Renumex; 1979'da New Mexico Tarımsal Araştırma İstasyonunda n sıcak ve kuru koşullarda hızlı yeniden büyüyen Remont varyetesinden seçilmiştir (Anonim, 2023a).

Shoshone; Wyoming Üniversitesi, Montana Eyalet Üniversitesi ve Doğal Kaynakları Koruma Teşkilatı tarafından 2006 yılında geliştirilmiştir. Remont varyetesine göre kuzey kök ur nematoduna toleransı daha yüksektir (Anonim, 2023a).

Delaney; Montana Tarımsal Araştırma İstasyonu ve Wyoming Tarımsal Araştırma İstasyonu tarafından geliştirilmiştir. ABD'nin orta-batısında Wyoming eyaletindeki Larame şehrinde ekilen 25 yıl hayatta kalan korunga bitkilerinden geliştirilmiştir. Bu alanda Eski, Remont gibi çeşitler ile daha farklı korunga varyetelerini içeren bir deneme alanı olması yüzünden geliştirilen çeşidin hangi bitkilerden seçildiği bilinmemektedir. Delaney, Shoshone, Remont ve Eski'ye göre daha çok biçim sayısına sahip ve daha verimli bir korunga olarak geliştirilmiştir (Anonim, 2023a).

Ülkemizde tescil ettirilmiş korunda çeşitleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Türkiye'de Tescilli Korunga Çeşitleri*

Çeşit Adı	Tescil Yeri	Tescil Tarihi
Özerbey-03	Tarla Bitkileri Merkez Araş. Ens. Müd.	30.04.2003
Lütfi Bey	Doğu Anadolu Tarımsal Araş. Ens. Müd.	27.04.2005
Peschanyj	Maro Tarım İnşaat Ticaret ve San. A.Ş.	16.04.2012
Az Niiklip 495	Tasaco Tarım Sanayi ve Tic. A.Ş.	10.04.2018
Koç 1461	Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü	06.05.2020
Emre	Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü	06.05.2020
Fatih	Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü	06.05.2020
Kazak	Plato Tohumculuk Ziraat Tarım San. Ve Tic. Ltd. Şti.	04.04.2022

* Kaynak: TTSM, 2023

Ayrıca, ülkemizde üretim izni almış korunga çeşitleri ise Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Türkiye'de Üretim İznine Sahip Korunga Çeşitleri

Çeşit Adı	Başvuru Sahibi	Üretim İzin Tarihi
Balarım	Yonca Tarım Ürün Müh. ve İh. Mad.Tic. Ltd. Şti.	26.12.2018
Marko	Maro Tarım İnşaat Ticaret ve San. A.Ş.	26.12.2018

*Kaynak, TTSM, 2023

Tablo 4 ve Tablo 5'te listelenen çeşitlerin özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

Özerbey-03: Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından 2003 yılında tescil ettirilmiştir. Çeşit 50-105 cm arasında boylanarak, dik gelişim gösterir ve yatmaya dayanıklıdır. Soğuk (kısa) ve kurağa dayanıklılığı iyi olan Özerbey çeşidi, İç Anadolu Bölgesi ve Geçit Bölgeleri ile benzer benzer ekolojilerde ilkbahar da ekimi önerilmektedir (Anonim, 2022d)

Lütfi Bey: Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından 2005 yılında tescil ettirilmiştir. Pembe çiçek renkli çeşit, ortalama 95 cm bitki boyunu sahip olup, dik gelişim göstermektedir. Soğuğa ve kurağa dayanımı iyi olup, Doğu Anadolu Bölgesi ve benzer ekolojilerde tarımı önerilmektedir (Anonim, 2022a)

Koç 1461: Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü tarafından 2020 yılında tescil ettirilmiştir. Koyu yeşil yapraklı ve koyu pembe çiçek rengine sahip çeşit yarı dik gelişim göstermektedir. Kurağa ve soğuğa dayanıklı olan Koç 1461 çeşidi, orta Anadolu ve benzer ekolojilerde tarımı önerilmektedir (Anonim, 2022e).

Emre: Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü tarafından 2020 yılında tescil ettirilmiştir. Koyu yeşil yapraklı ve koyu pembe çiçek rengine sahip çeşit yarı dik gelişim göstermektedir. Kısa ve kurağa dayanıklı olan Emre çeşidi, Orta Anadolu ve benzer ekolojilerde tarımı önerilmektedir (Anonim, 2022e).

Fatih: Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü tarafından 2020 yılında tescil ettirilmiştir. Koyu yeşil yapraklı ve pembe çiçek rengine sahip çeşit yarı dik

gelişim göstermektedir. Kurağa ve soğuğa dayanıklı olan Fatih çeşidi, Orta Anadolu ve benzer ekolojilerde tarımı önerilmektedir (Anonim, 2022e).

Özel tohumculuk firmaları olan Maro Tarım İnşaat Ticaret ve San. A.Ş tarafından 2012 Peschanyj çeşidini, Tasaco Tarım Sanayi ve Tic. A.Ş. Az Niikli 495 çeşidi ise 2018 yılında ve Plato Tohumculuk Ziraat Tarım San. Ve Tic. Ltd. Şti. Kazak çeşidini 2022 yılında tescil ettirmiştir (Anonim, 2022b). Yonca Tarım Ürün Müh. ve İh. Mad.Tic. Ltd. Şti. ait Balarım ve Maro Tarım İnşaat Ticaret ve San. A.Ş. ait Marko çeşitleri üretim iznine sahiptir.

TÜRKİYEDE KORUNGA TARIMI

Korunga, toprak verimliliğini arttırması, zengin protein içeriği sayesinde ruminant hayvan varlığının kaba yem ihtiyacına katkı sağlaması, arıcılık için önemli bir bitki olması ve erozyon önleyici özelliklerinden dolayı ülkemizde yetiştirilen çok yıllık önemli bir yem bitkisidir. Yurdumuzun özellikle, Orta ve Doğu Anadolu ile Geçit Bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilir (Bağcı ve Mutlu, 2011). Türkiye’de 2012-2022 yılları arasında korunga ekim alanları ve yeşil ot üretimi miktarları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Türkiye’de 2012-2021 Yılları Arasında Korunga Ekili Alan ve Üretilen Toplam Yeşil Ot Miktarı

Yıl	Ekilen Alan (da)	Yeşil Ot (ton)
2012	1.963.349	1.459.570
2013	1.914.391	1.630.572
2014	1.949.088	1.646.256
2015	1.914.036	1.655.985
2016	1.936.940	1.982.047
2017	1.961.808	2.001.379
2018	1.817.338	1.934.847
2019	1.752.763	1.781.789
2020	1.744.949	1.934.697
2021	1.814.737	1.546.641
2022	1618 249	1 786 207

*Kaynak: TÜİK, 2023 b

Korunga Türkiye’de yetiştiriciliği yapılan yem bitkileri arasında üçüncü sırada olup, yonca ve fiğden sonra gelmektedir. Korunga ekili alanın 2017 yılından 2020 yılına kadar azalış gösterdiği, yeşil ot miktarında ise 2012’den 2017 yılına kadar her sene artış meydana geldiği görülmektedir. 2012 ve 2021 yılı verileri karşılaştırıldığında ise korunga ekili toplam alanda 2022 yılında azalma olmasına rağmen, yeşil ot miktarında az da olsa artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Genel olarak son on yıl verilerine göre korunga yeşil ot verimi çok fazla değişmemiş ve üretimi 1.4-2.0 milyon ton arasında değişiklik göstermiştir. Bu verilere göre belirtilen aralıklarda ufak dalgalanmalar olsa bile önemli ilerlemeler kaydedilmediğini söylemek mümkündür. Bunun nedeni olarak, öncelikle korunga tarımının yapıldığı alanların marjinal alanlar olması, yetiştiricilerin çeşitler yerine yerel popülasyonları yetiştirmeleri, korunganın yavaş tesis olması, su göllenmelerine karşı fazla dayanıklı olmaması ve ihtiyacı karşılayacak ölçüde tohumluk üretiminin gerçekleştirilmemesini gösterebiliriz.

KAYNAKÇA

- Açıkgöz, E. 2001. Yem bitkileri, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa.
- Açıkgöz, E. 2021. Yem Bitkileri I. Cilt. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Eğitim ve yayın Dairesi Başkanlığı Matbaası, 120, 448, Ankara.
- Akçelik, E. 2009. Bazı Yabani Korunga (*Onobrychis* sp.) Türlerinin Kromozom Sayılarının Tespit ve Karyotip Analizi. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aksoy, F. 2011. Ballı Bitkiler. II. Arıcılık Araştırma Dergisi, 5, 32-33.
- Aktoğlu, E. 1995. Türkiye'nin *Onobrychis miller* (Fabaceae) cinsine ait türlerin revizyonu. Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 134 S.
- Anonim 2022a. Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tescilli Çeşit Bilgisi Sayfası. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/datae/Sayfalar/Detay.aspx?OgeId=9&Liste=KutuMenu> (Erişim Tarihi; 29.12.2022).
- Anonim 2022b. Milli Çeşit Listesi (Tarla Bitkisi Çeşitleri) (Field Crops), <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=85> (Erişim Tarihi; 29.12.2022).
- Anonim 2022c. Sainfoin for Western Canada, https://www.beefresearch.ca/files/pdf/Sainfoin_Manual_ENG_2020.pdf (Erişim Tarihi 01.12.2022).
- Anonim 2022d. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tescilli Çeşit Bilgisi Sayfası.
- Anonim 2022e. TİGEM, Tohum Kataloğu, https://www.tigem.gov.tr/WebUserFile/DosyaGaleri/2020/8/1b610863-3036-4507-b8fa-b83599323685/dosya/Sertifikal%C4%B1%20Hububat%20Tohumlu%C4%9Fu%20Katalo%C4%9Fu_2.pdf (Erişim Tarihi; 29.12.2022).
- Anonim 2023 a. SAINFOIN *Onobrychis viciifolia* Scop. Plant Symbol https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fplants.usda.gov%2FDocumentLibrary%2Ffactsheet%2Fdoc%2Ffs_onvi.docx&wdOrigin=BROWSELINK (Erişim Tarihi 13.06.2023).
- Anonim 2023b. Baklagil Yem Bitkileri,

- <https://www.bingol.edu.tr/documents/BAKLAG%C4%B0L%20YEMB%C4%B0TK%C4%B0LER%C4%B0.pdf> (Erişim Tarihi; 13.06.2023).
- Anonim 2023 c. TÜBİVES Türkiye Bitkileri Veri Servisi, http://www.tubives.com/index.php?sayfa=1&tax_id=3485 (Erişim Tarihi; 13.06.2023).
- Auld, D., Ditterline, R., Mathre, D. ve Metz, S. 1976. Pathogenicity of *Fusarium solani* on sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). Plant Disease Reporter, 60:1976, 666-669.
- Avcı, S. 2010. Türkiye’de Doğal Olarak Yetişen Yabani Korunga (*Onobrychis* Sp.) Türlerinin Toplanması ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Bastırılmamış Doktora Tezi.
- Aybeke, M. ve Dane, F. 2017. *Onobrychis mehmetchiquii* (Fabaceae) sp. nov., a new species from European Turkey. Phytotaxa, 298:1, 96–100.
- Aydın, S. ve Üstün, F. 2006. Tanenler Kimyasal Yapıları, Farmakolojik Etkileri, Analiz Yöntemleri. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 33:1, 21-31.
- Aydın, S. ve Üstün, F. 2007. Tanenler Kimyasal Yapıları, Farmakolojik Etkileri, Analiz Yöntemleri. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 33:1, 21-31.
- Bağcı, M. ve Mutlu, H. 2011. Korunga (*Onobrychis sativa* Lam.) Mutasyon İslahında Kullanılabilecek Uygun Gama (60Co) Dozunun Belirlenmesi. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 4:2, 141-144.
- Bhattarai, S., Coulman, B., ve Biligetü, B. 2016. Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.): renewed interest as a forage legume for western Canada. Canadian Journal of Plant Science, 96(5), 748-756.
- Boğa, M., Kocadayıoğulları, F. ve Can, M. E. 2021. Tanenlerin ruminant hayvan beslemede kullanımı. Black Sea Journal of Engineering and Science, 4:4, 217-225.
- Boyer, J. S. 1968. Relationship of water potential to growth of leaves. Plant physiology, 43:7, 1056-1062.
- BÜGEM, 2023. Yem Bitkileri Ekiliş Alanları. <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf> (Erişim tarihi: 22.06.2023)
- Carbonero, C. H. 2011. Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*), a forage legume with great potential for sustainable agriculture, an insight on its

- morphological, agronomical, cytological and genetic characterisation. PhD Thesis, Manchester: University of Manchester
- Cash, D., Bowman, H. ve Ditterline, R. L. 1993. Sainfoin, Montana State University Extension Service, <https://animalrangeextension.montana.edu/forage/documents/MSU%20sainfoin.pdf> (Erişim Tarihi; 13.06.2023),
- Cooke, D., Hanna, M. ve Goplen, B. 1971. Registration of Melrose sainfoin Crop Sci., 11, 603.
- Çelik, A., Karakaya, A., Süleyman, A., Sancak, C. ve Özcan, S. 2012. Potential resistance sources for powdery mildew disease of sainfoin. Plant Protection Bulletin, 52:2, 153-162.
- Davis, P. H. ve Tan, K. 1988. Flora of Turkey and the Aegean islands. Vol.10, Edinburgh University Press,
- Delgado, I., Salvia, J., Buil, I. ve Andres, C. 2008. The agronomic variability of a collection of sainfoin accessions. Spanish Journal of Agricultural Research, 6:3, 401-407.
- Deveci, M., Sıralı, R. ve Cımbırtoğlu, Ş. 2012. Korunga (*Onobrychis* sp.) Yetiştiriciliğinin Arıcılık Açısından Önemi. Arıcılık Araştırma Dergisi, 8:2, 16-19.
- Duman, H. ve Vural, M. 1990. New taxa from South Anatolia I. Doğa, Türk Botanik Dergisi, 14:1, 39-48.
- Ebeling, A., Klein, A. M., Schumacher, J., Weisser, W. W. ve Tschardtke, T. 2008. How does plant richness affect pollinator richness and temporal stability of flower visits? Oikos, 117:12, 1808-1815.
- Eken, C., Demiri, E. ve Dane, E. 2004. Species of *Fusarium* on sainfoin in Erzurum, Turkey.
- Elçi, Ş. 2005. Korunga (*Onobrychis adamas*) Cinsi. Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkileri, S: 223-258. Çayır-Mera Yem Bitkileri ve Havza Geliştirme Daire Başkanlığı, Ankara.
- Frame, J., Charlton, J. ve Laidlaw, A. S. 1997. Temperate forage legumes. Cab International,
- Fu, X., Wang, J., Sainju, U. M. ve Liu, W. 2019. Soil nitrogen fractions under long-term crop rotations in the Loess Plateau of China. Soil and Tillage Research, 186, 42-51.

- Gençkan, M. S. 1992. Yem Bitkileri Tarımı., Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Yay. No: 467 (2. Baskı), İzmir, s: 222-228.
- Girard, M., Dohme-Meier, F., Silacci, P., Ampuero Kragten, S., Kreuzer, M. ve Bee, G. 2015. Forage legumes rich in condensed tannins may increase n-3 fatty acid levels and sensory quality of lamb meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96:6, 1923-1933.
- Goel, G., Puniya, A., Aguilar, C. ve Singh, K. 2005. Interaction of gut microflora with tannins in feeds. *Naturwissenschaften*, 92, 497-503.
- Government of Alberta. 2014. Government of Alberta Bulletin. [Online.] Government of Alberta, Edmonton, Alta. <http://www.saskforage.ca>. (Erişim Tarihi: 30.06.2023).
- Gutteridge, R., C, Shelton, H., M ve Mathison, G., W. 1994. Forage tree legumes in tropical agriculture. Cab International Wallingford,
- Gültekin, L. ve Güçlü, Ş. 1997. Erzurum ilinde korungada zarar yapan *Bembecia scopigera* (Scopoli) (Lep.: Sesiidae)'nın biyoekolojisi üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 37:3-4, 101-110.
- Hanna, M. 1981. Registration of Nova sainfoin. *Crop Science* 21, 987.
- Hatew, B., Stringano, E., Mueller-Harvey, I., Hendriks, W., Carbonero, C. H., Smith, L. ve Pellikaan, W. 2016. Impact of variation in structure of condensed tannins from sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on in vitro ruminal methane production and fermentation characteristics. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100:2, 348-360.
- Hedge, I. C. 1970. *Onobrychis*, In *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (Vol. 3), P.H. Davis (edt), S: 560-589, University Press. Edinburgh
- Heil, M., Baumann, B., Andary, C., Linsenmair, E. K. ve McKey, D. 2002. Extraction and quantification of" condensed tannins" as a measure of plant anti-herbivore defence Revisiting an old problem. *Naturwissenschaften*, 89:11, 519-524.
- Hwang, S., Berg, B., Howard, R. ve McAndrew, D. 1992. Screening of sainfoin cultivars and lines for yield, winter hardiness and resistance to Fusarium crown and root rot in east central Alberta. *Canadian Plant Disease Survey*, 72:2, 107-112.
- Kamalak, A., Canbolat, Ö., Gürbüz, Y., Özay, O., Erer, M. ve Özkan, Ç. Ö. 2005. Kondense taninin rumimant hayvanlar üzerindeki etkileri hakkında bir inceleme. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8:1, 132-137.

- Karadağ, Y., Özkurt, M. ve Tufan, Y. 2022. Stratejik Sektör: Tarım İksad Publishing House.
- Kells, A. 2001. Sainfoin: an alternative forage crop for bees. *Bee World*, 82:4, 192-194.
- Korkut, M. 2003. Arıcıların Çalışma Zamanı. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 2:1, 8-10.
- Koupai-Abyazani, M. R., Muir, A. D., Bohm, B. A., Towers, G. N. ve Gruber, M. Y. 1993. The proanthocyanidin polymers in some species of *Onobrychis*. *Phytochemistry*, 34:1, 113-117.
- Kropacova, S. 1969. The Relationship Of The Honeybee To Sainfoin (*Onobrychis sativa*). *Proc. 22nd Int. Beekeep. Cong. Munich*.
- Kutlu, H. R. ve Özen, N. 2009. Hayvan beslemede son gelişmeler. VI. Ulusal Zootekni Bilimsel Kongresi, 24-27.
- Madadgar, S., AghaKouchak, A., Farahmand, A. ve Davis, S. J. 2017. Probabilistic estimates of drought impacts on agricultural production. *Geophysical Research Letters*, 44:15, 7799-7807.
- Malisch, C. S. 2016. Agronomic ve bioactive potential of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) for sustainable agriculture. *ETH Zurich*
- Malisch, C. S., Lüscher, A., Baert, N., Engström, M. T., Studer, B., Frygas, C., Suter, D., Mueller-Harvey, I. ve Salminen, J.-P. 2015. Large variability of proanthocyanidin content and composition in sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63:47, 10234-10242.
- Manga, İ., Acar, Z. ve Ayan, İ. 1995. Baklagil Yem Bitkileri, 19 Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Notu: 7. Samsun, 342s.
- McMahon, L., Majak, W., McAllister, T., Hall, J., Jones, G., Popp, J. ve Cheng, K.-J. 1999. Effect of sainfoin on in vitro digestion of fresh alfalfa and bloat in steers. *Canadian Journal of Animal Science*, 79:2, 203-212.
- Morrill, W. L., Ditterline, R. L. ve Cash, S. D. 1998. Insect pests and associated root pathogens of sainfoin in western USA. *Field Crops Research*, 59:2, 129-134.
- Nahed, B.-S., Sara, Á. ve Manuel, L.-V. 2018. Soil and water conservation in rainfed vineyards with common sainfoin and spontaneous vegetation under different ground conditions. *Water*, 10:8, 1058.

- Niderkorn, V., Mueller-Harvey, I., Le Morvan, A. ve Aufrère, J. 2012. Synergistic effects of mixing cocksfoot and sainfoin on in vitro rumen fermentation. Role of condensed tannins. *Animal Feed Science and Technology*, 178:1-2, 48-56.
- Ortiz, M. M. ve Smith, L. 2015. Cotswold-Seeds and LegumePlus. https://cotswoldseeds.com/images/legumeplus/downloads/sainfoin_growers_guide_website.pdf (Erişim tarihi 20.06.2023).
- Özbek, H. ve Yıldırım, E. 1996. Korungayı ziyaret eden arı (*Hymenoptera, Apoidea*) türleri. *Türkiye III. Entomoloji Kongresi*, 24:28, 557-566.
- Özdemir, S., Rıdvan, U., Ekmekçi, M., Mokhtarzadeh, S., Kökten, K., Çağan, E. ve Kutlu, M. A. 2022. Korunga çeşitlerinde bazı tohum verimi özelliklerinin belirlenmesi ve arı merası olarak değerlendirilmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 11:2, 277-284.
- Parlak, A. Ö. ve Parlak, M. 2008. Effect of salinity in irrigation water on some plant development parameters of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) and soil salinity. *Journal of Agricultural Sciences*, 14:04.
- Piano, E. ve Pecetti, L. 2010. Minor legume species. *Fodder Crops and Amenity Grasses*, 477-500.
- Provorov, N. ve Tikhonovich, I. 2003. Genetic resources for improving nitrogen fixation in legume-rhizobia symbiosis. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 50, 89-99.
- Reed, J. D. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of animal science*, 73:5, 1516-1528.
- Rumball, W. ve Claydon, R. 2005. 'G35'Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.). *New Zealand Journal of Agricultural Research* 48:1, 127-128.
- Sabancı, C. O. 2009. *Baklagil Yem Bitkileri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Vakfı Yayınları*, Van.
- Sabancı, C. O. 2013. *Tarla Tarımının Genel İlkeleri. Ahi Evran Üni. Ziraat Fak. Yay. No. 3. Ders Notları. 2. Kırşehir.150 s. Giriş Copy Center, Seyhan, Adana.*
- Sarıyıldız, T. ve Savacı, G. 2020. Ability of green cover from sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) and dog rose (*Rosa canina* L.) to control erosion and improve soil organic carbon and nitrogen stocks in terraces

- of Northwest Turkey. Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration, 5:1, 1-15.
- Sarmadnia, G. ve Bagheri, A. 1990. Response of sainfoin populations to salt and water stress. Proceedings of the International Congress of Plant Physiology, New Delhi, India, 15-20 February 1988. Volume 2., Society for Plant Physiology and Biochemistry, 995-999.
- Scharenberg, A., Arrigo, Y., Gutzwiller, A., Soliva, C. R., Wyss, U., Kreuzer, M. ve Dohme, F. 2007. Palatability in sheep and in vitro nutritional value of dried and ensiled sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*), and chicory (*Cichorium intybus*). Archives of Animal Nutrition, 61:6, 481-496.
- Sencar, Ö., Gökmen, S., Yıldırım, A. ve Kandemir, N. 1994. Tarla bitkileri üretimi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı:3 s 186.
- Serin, Y. ve Tan, M. 1996. Baklagil Yem Bitkileri Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- Sheppard, S., C, Cattani, D., J, Ominski, K., H, Biligetu, B., Bittman, S. ve McGeough, E., J 2019. Sainfoin production in western Canada: A review of agronomic potential and environmental benefits. Grass and Forage Science, 74:1, 6-18.
- Sottie, E., T, Acharya, S., N, McAllister, T., Thomas, J., Wang, Y. ve Iwaasa, A. 2014. Alfalfa pasture bloat can be eliminated by intermixing with newly-developed sainfoin population. Agronomy Journal, 106:4, 1470-1478.
- Soya, H., Avcioğlu, R. ve Geren, H. 1997. Yem Bitkileri. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti. , İstanbul.
- Tamer, A., Aydemir, M. ve Has, A. 1997. Ankara ve Konya illerinde korunga ve yoncada görülen zararlı ve faydalı böcekler üzerinde faunistik çalışmalar. Bitki Koruma Bülteni, 37:3-4, 125-161.
- Tan, M. ve Sancak, C. 2009. Korunga (*Onobrychis viciifolia* Scop.), Yem Bitkileri Cilt II Baklagil yem bitkileri, R. Avcioğlu, R. Hatipoğlu ve Y. Karadağ (Editörler), S: 337- 352, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayınları, İzmir
- Tarman, Ö. 1954. Baklagillerden Yem Bitkileri Yetiştirilmesi. Ziraat Vekaleti Neşriyatı Güzel İstanbul Matbası, Ankara,

- Tekeli, A. ve Ateş, E. 2011. Baklagil Yem Bitkileri (Yenilenmiş II. Baskı). Sevil Grafik Tasarım ve Cilt Evi, Tekirdağ.
- Thomson, J. 1951. Sainfoin in its first harvest year. *Grass and Forage Science*, 6:2, 107-117.
- Tosun, F., Altın, M., Akten, Ş., Akkaya, A., Serin, Y. ve Çelik, N. 1987. Erzurum kıraç şartlarında bazı ekim nöbeti sistemlerinin buğday verimine etkileri üzerinde bir araştırma. *Türkiye Tahıl Sempozyumu*, 6:9, 123-135.
- TTSM, 2023. Milli Çeşit Listesi. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=85>. (Erişim Tarihi:26.06.2023)
- Turan, N., Özyazıcı, M.A. ve Tantekin, G.Y. 2015. Siirt İlinde Çayır Mera Alanlarından ve Yem Bitkilerinden Elde Edilen Kaba Yem Üretim Potansiyeli. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2 (1): 69-75
- TÜİK, 2023 a. Tarım Alanları 2001-2022. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim Tarihi: 22.06.2023)
- TÜİK, 2023 b. Yem Bitkileri Üretim. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim Tarihi: 26.06.2023)
- Uyanık, M., Rezaeieh, K. A. P., Delen, Y. ve Gürbüz, B. 2011. Baklagillerde Bakteri Aşılması ve Azot Fiksasyonu. *Ziraat Mühendisliği*:357, 8-12.
- Vladimirov, V., Dane, F. ve Tan, K. 2007. New floristic records in the Balkans: 6. *Phytologia Balcanica: International Journal of Balkan Flora and Vegetation*, 13:3, 433-455.
- Volf, M., Hrccek, J., Julkunen-Tiitto, R. ve Novotny, V. 2015. To each its own: differential response of specialist and generalist herbivores to plant defence in willows. *Journal of Animal Ecology*, 84:4, 1123-1132.
- Waghorn, G., Jones, W., Shelton, I. ve McNabb, W. 1990. Condensed tannins and the nutritive value of herbage. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 171-176.
- Yavuz, T., ve Karadağ, Y. 2016a. Performances of some forage grasses, legume and their mixtures under dry pasture conditions. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 33(2), 63-71.

- Yavuz, T., ve Karadağ, Y. 2016b. Yield and Quality Performances of Artificial Pasture Mixtures Under Dryland Conditions. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 6(4), 155-162.
- Yavuz, T., Kır, H. ve Gül, V. 2020. Türkiye’de Kaba Yem Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Kırşehir İli Örneği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7 (3), 345-352.
- Yıldırım, Ş. 2004. A new species and subspecies of *Onobrychis*, *O. cigdemae* and *O. cigdemae* subsp. *gorkemii* (Fabaceae) from Şırnak, Turkey. *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 11:2, 1-10.
- Yücel, G. 2019. Kültürü Yapılan Korunga (*Onobrychis* Mill., Baklagiller) Taksonları ve Bazı Yabani Akrabalarının Moleküler Sitogenetik Yöntemler ile Karakterizasyonu. Yüksek Lisans, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zoya, K., Lyubov', M. ve Ol'ga, G. 2020. Influence Of Sainfoin On Soil Fertility And Agro-Economic Indicators Of Fodder Crop Rotations Under Conditions Of East Siberia. *Multifunctional Adaptive Fodder Production*, 23:71, 67-72.
- Zuazo, V. D., Pleguezuelo, C. R., Peinado, F. M., De Graaff, J., Martínez, J. F. ve Flanagan, D. 2011. Environmental impact of introducing plant covers in the taluses of terraces: Implications for mitigating agricultural soil erosion and runoff. *Catena*, 84:1-2, 79-88.

BÖLÜM 11

SOYA ÜRETİMİNİ ETKİLEYEN BAZI ÖNEMLİ HASTALIKLAR

Doç. Dr. Kadir AKAN¹

Zir. Yük. Müh. Kander KOÇ²

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kırşehir, E-mail: kadir.akan@ahievran.edu.tr, Orcid ID. <https://orcid.org/0000-0002-1612-859X>

² Hekagro Solutions A.Ş., Mersin, E-mail: kanderkoc33@gmail.com, Orcid ID. <https://orcid.org/0000-0002-6784-8423>

GİRİŞ

Soya fasulyesi (*Glycine max*), küresel düzeyde yetiştiriciliği yapılan önemli bitkisel ürünlerden biridir. Ülkemiz de üretimi, Mayıs-Eylül ayları arası periyotta 25°C ortalama sıcaklık ve nemli yetiştiricilik bölgelerinde tercih edilmektedir. Bu iklim şartlarına ek olarak, hasat edilmeye kadar 550-600 mm suya ihtiyacı bulunmaktadır. Sıcaklıkların 18°C derece altında olduğu ve 40°C derecenin üstünde olduğu ekoloji veya dönemde bitki gelişimi genellikle olumsuz etkilenmektedir. Diğer taraftan soya bitkisi, yüksek sıcaklıklara dayanıklı olup tercihen ılıman iklimlerin hakim olduğu üretim bölgelerinde yetiştirilmektedir. Ancak, soya bitkisinin iklim istekleri, farklı gelişme evrelerinde değişebilmekte veya bazı faktörlere bağlı olarak farklılıklar gösterebilmektedir. Ancak, yağış miktarı ve dağılımı bitkinin büyümesi için belirleyici bir faktördür. Gölge de yapılan üretimlerde verim düşüklüklerinin yaşandığı bilinmektedir. Dona karşı hassas olup özellikle çiçeklenme döneminde düşük sıcaklıklar ürün verimini azaltabilir. Sayılan bu faktörlerin hepsi, soya bitkisinin üretiminde önemli olup yetiştiricilik için uygun iklim koşullarında, yüksek verim düzeylerine ulaşılabilir. Doğu Asya'ya özgü bir baklagil türü olan soya, yüksek yağ içeriği ve bitkisel yağ kaynağı olarak daha popüler kullanımı ve biyodizel gibi endüstriyel uygulamaları nedeniyle yemeklik tane baklagilleri grubu yerine “yağlı tohum” olarak sınıflandırılır (Kırtok, 1998; Aşkın, 2008; Anonim, 2023).

Soya fasulyesi yaklaşık olarak %37-39 ham protein, %18-20 yağ ve %35 karbonhidrat içermektedir. Soya, insan beslenmesi ve endüstriyel kullanımlar için bitkisel bir yağ kaynağı, hayvansal üretim için de değerli bir protein kaynağıdır. Daha sınırlı kullanımı ise tofu ve soya sütü gibi geleneksel gıdalardır. Ayrıca endüstri için yağ(layıcı), plastik, mum ve yağ asitlerinin de dahil olduğu bir dizi ara kimyasallar olarak farklı endüstri sektörlerinde neredeyse sınırsız yakın bir uygulaması bulunmaktadır. Son dönemde, soya fasulyesi sağlık ve zindelik özelliklerinin yanı sıra farklı beslenme barları, tahıllar, makarna ve unlu mamuller de değişen düzeylerde katkı olarak kullanılabilir (Kırtok, 1998; Anonim, 2023).

Soya üretimine ülkemizde 1930 yıllarda Karadeniz bölgesinde başlanmış olup daha sonra Akdeniz ve Çukurova üretim alanlarında üretildiği bilinmektedir (Kırtok, 1998). Türkiye'de soya üretimi, özellikle Marmara, Ege ve Akdeniz bölgeleri üretim alanlarında yoğunlaşmaktadır. Bu bölgelerdeki

sıcak iklim koşulları ve bitkisel üretim için uygun topraklar, soya üretimini desteklemektedir. Sıkışık topraklarda yetiştirilmesi zor olan soya, organik madde içeriği düşük ve tuzlu topraklar da yetiştirildiğinde düşük verimler alınmaktadır. Killi tınlı topraklar ise yetiştiricilik için daha uygun toprak ortamlarıdır. Soya yetiştiriciliğinde toprağın pH'sı önemlidir. Toprağın pH'sının nötre (6.5) yakın bir düzey de olması istenmekte olup soya bitki bakterilerinin asit topraklar da gelişemediği bildirilmiştir (Ayaşan, 2011). Su baskını stresine dayanıklılığı sınırlı olup fazla nem bitki hastalıklarına neden olabilir.

Soya fasulyesinin verim ve kalitesini bazı fitopatojenler değişen düzeylerde etkileyebilmektedir. Hastalık etmenlerinin kontrolü ve hastalıklara bağlı oluşabilecek olumsuzlukların en düşük seviyeye indirilebilmesi için ürün rotasyonu uygulamaları, yaygın (dominant) stres faktörü dikkate alınarak dayanıklı çeşit kullanımı, soya bitki artıklarının üretim alanı dışında imha edilmesi öncelikli konular olmalıdır. Özellikle ürün yetiştiriciliğinde baklagil ve ayçiçeği üretimi sonrası soya fasulyesi üretiminden kaçınılması tavsiye edilmektedir (Anonim, 2023).

Oomycota Division (Bölüm) yer alan hastalık etmenleri; *Peronospora manshurica*, *Phytophthora sojae*, *Phytophthora sanseomeana*, *Pythium* spp.,

Fungal hastalık etmenleri; *Alternaria* spp., *Colletotrichum* spp., *Septoria glycines*, *Cadophora gregata*, *Cercospora kikuchii*, *Macrophomina phaseolina*, *Cercospora sojina*, *Fusarium* spp. (Kök ve kök boğazı hastalık etmenleri), *Phomopsis longicolla*, *Pleosphaerulina sojicola*, *Diaporthe phaseolorum* var. *sojae*, *Erysiphe diffusa*, *Coniothyrium glycines*, *Rhizoctonia solani* (Kök çürüklüğü etmeni), *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Pythium* spp. vb. (Tohum patojeni etmenleri), *Phakopsora pachyrhizi*, *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*, *Diaporthe aspalathi* (Sap kanserleri etmenleri), *Fusarium virguliforme*; *F. tucumaniae*; *F. brasiliense*; *F. crassistipitatum* (Ani çökerten etmenleri), *Xylaria necrophora*, *Corynespora cassiicola*, *Rhizoctonia croccorum*,

Bakteriyel hastalık etmenleri; *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*, *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*, *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*,

Viral hastalık etmenleri; Alfalfa mosaic virus (AMV), Bean pod mottle virus (BPMV), Bean yellow mosaic virus (BYMV), Tobacco streak virus (TSV), Cowpea mild mottle virus (CMMV), Peanut mottle virus (PMV), Soybean dwarf virus (SbDV), Soybean mosaic virus (SMV), Soybean vein

necrotic virus (SVNV) olup sayılan tüm etmenlere üretim alanlarında bazı üretim sezonlarında farklı düzeylerde rastlanabilmektedir. Bu etmenler üretimde değişen düzeylerde verim ve kalite kayıplarına neden olabilmektedir.

Soya Üretimini Etkileyen Fungal Hastalıklar

Kömür Çürüklüğü (Etmen; *Macrophomina phaseolina*) Hastalığı

Hastalık değişen düzeylerde neredeyse soya tarımı yapılan tüm alanlarda görülebilmektedir. Hastalık fide döneminden baklanın olgunlaştığı döneme kadar gözlenebilmektedir. Ancak fidelerin çıkış döneminde sıcak ve kuru hava şartlarında hastalık etmeni ölebilir. Diğer taraftan bitki bu dönemde şiddetli kuraklık ve su eksikliği stresine de hassastır. Hastalığın genel olarak, sıcak ve kurak yetiştiricilik koşullarında yetiştirilen bitkilerde daha yoğun olarak görülebildiği bilinmektedir. Üretim alanlarını su basması, ürünü hastalığa daha hassas hale getirebilir. Etmen, yazlık yetiştiriciliği yapılan kültür bitkilerinde ve yabani otlar da dahil olmak üzere geniş bir konukçu yelpazesine sahiptir. Hastalık enfeksiyonlarının erken fide aşamalarında meydana geldiğini ve bitkiler strese girene kadar fark edilemeye bileceği rapor edilmiştir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023; Mengistu vd., 2023).

Kısa biyolojisi: Kömür çürüklüğü hastalığı (Etmen; *Macrophomina phaseolina*) etmeni, yaşaması için olumsuz koşullara dayanıklı olan ve toprakta uzun süre canlılığını sürdürebilen dayanıklı “mikrosclerot” yapılarını üretir. Bu yapılar, etmenin konukçusu olduğu bitkiler için enfeksiyon kaynağı olabilmektedir. Hastalık, sıcaklığın yüksek olduğu ve kuru yetiştiricilik koşullarında daha fazla gelişebilmektedir. Bu nedenle hastalık özellikle kurak bölgeler de yetiştiricilik alanlarında görülen önemli sorunlardan birisidir. Etmenin hif yapıları, kökün korteks dokusunda önce hücrelerarası boşluklarda daha sonra hücre içinde gelişmekte olup ksilem iletim dokularında kolonize olabilmektedir. Ksilem yapısında oluşan mikrosclerotlar iletim dokularının tıkanmasına neden olmaktadır. Genç bitkilerde mikrosclerot oluşumu gerçekleşmemektedir. Oluşan mikrosclerotlar toprakta ve bitki artıklarında canlılığını sürdürebilmektedir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023, Mengistu vd., 2023).

Belirtileri: Hastalık belirtileri genellikle bitkinin yaşlı yapraklarında görülmeye başlar. Enfekte olmuş bitkilerdeki yaprakların genellikle solduğu

gözlenir. Bu belirtinin gözlendiği bitkilerde sap da herhangi bir belirti veya renk değişikliği görülmeden önce yapraklar ölmektedir. Bununla birlikte genel olarak, solmuş bitkilerde sap kısmı açık ten rengine ve daha sonra koyu kahverengiye dönmektedir. Sap kesildiğinde, sapın iç kısmının beyaz ila açık yeşil renk olarak gözlenmesi gerekirken turuncu-kahverengili olduğu gözlenir. Hastalık nedeniyle başlangıçta toprak üstü kısımlarda hastalık belirtisi gözlenmez. İlerleyen fenolojik dönemlerle birlikte bitki de kök boğazı ile sap kısmının üzerinde kırmızımsı kahverengi renk değişimleri gözlenir ve hastalık sapın toprağa yakın kısmında başlayarak bitkinin üst kısmına doğru ilerlemektedir. Hastalık ilerledikçe renk koyulaşmakta ve siyah renkli bir görünüm almakta olup sıcak ve kuru dönemlerde hastalıklı bitkiler ölmektedir. Sap da hastalıklı kısımlar çürüyüp siyahlaşarak kömürleşmiş olarak değerlendirilir. Bitki zayıflayıp sararır ve bu belirtilere ek olarak yapraklar dökülerek son aşamada bitki ölür. Bitkinin toprak üstü kısmı kuruduğu için toprak altı kısımlarında da çürüme görülür. Hastalıklı bitkilerin ana kökleri kesildiğinde kök dokusunda parlak kahverengili bir renk değişimi gözlenmektedir. Hastalık hasada yakın dönemde görülmektedir. Etmenin mikrosclerotlarına hastalıklı bitki sapsarı ile bitki artıklarında ve tohum da rastlanabilir. Hastalıklı bitki sapsarı ortadan ikiye ayrıldığında odun dokusunda siyah çizgi ve mikrosclerotlerin olduğu görülür. Etmen tohum veya tohum kabuğunda taşınabilmektedir. Hastalıkla bulaşık çimlenmiş tohumlar çıkış sırasında veya çıkış sonrası ölürler. Hastalık toprak sıcaklığının 32°C üzerinde olduğu dönemde gelişmektedir. Toprak neminin düşük olduğu durumlarda hastalık şiddetinin arttığı bilinmektedir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023, Mengistu vd., 2023).

Mücadelesi: Kömür çürüklüğü hastalığı, özellikle sıcak ve kuru yetiştiricilik alanlarda önemli sorunlardan birisidir. Toprakta olumsuz şartlarda uzun süre canlı kalabilen mikrosclerot yapıları nedeniyle hastalığın kontrolü oldukça zordur. Bu nedenle derin sürüm yapılarak mikrosclerotların toprağa gömülmesi değerlendirilmelidir. Ancak hastalığın kontrol altında tutulabilmesi için kültürel önlemler, biyolojik mücadele ve kimyasal mücadele gibi farklı kontrol yaklaşımlarının birlikte kullanılması önemlidir. Kültürel önlemler, hastalıklı bitki artıklarının üretim alanı dışına taşınması ve burada yakılarak imha edilmesi, bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programlarını içermektedir. Sulama ile üretim yapılan alanlarda

ekim öncesi üretim alanı 3-4 hafta su altında bırakılmalı ve sık ekimden kaçınılmalıdır. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde sulama yapılmalıdır. Hastalığa dayanıklı veya tolerant çeşitler ile hastalıktan ari veya sertifikalı tohum kullanılmalıdır. Kışlık yetiştiriciliğe uygun ürünlerle rotasyonu tavsiye edilmekte olup soya fasulyesi, baklagiller ve ayçiçeği ekilişleri sonrası rotasyon programında 3-4 yıl süreyle yer almamalıdır. Yabancı ot kontrolü mutlaka sağlanmalıdır. Tavsiye edilen kültürel önlemler ve diğer kontrol uygulamaları birlikte kullanılarak hastalığın kontrol altında tutulabilmesi mümkündür (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023; Mengistu vd., 2023).

Soyada *Cercospora* Yaprak Lekesi ve Yanıklığı (Etmen; *Cercospora soja*, *Cercospora kikuchii*) Hastalığı

Kısa biyolojisi: Üreticiler arasında yaygın olarak “soyada kurbağa gözü” hastalığı olarak bilinen yaprak leke hastalığının etmeni *Cercospora soja*’dır. Yine üretici arasında yaygın ismi “yaprak yanıklığı veya mor tohum lekesi” hastalığının etmeni *Cercospora kikuchii*’dir. Her iki hastalığın etmeni de sadece soya da hastalık oluşturabilmektedir. Hastalıklar nedeniyle soya üretim alanlarında önemli verim ve kalite kayıpları oluşabilmektedir. Etmenler kışı tohumda ve üretim alanlarından toplanmayan bitki artıklarında geçirebilmektedir. Primer enfeksiyonlar için hastalığın sağlıklı bitkiye taşınması yağmur (sulamanın) suyunun sıçrattığı sporların taşınması şeklinde olurken, bu enfeksiyonlar sonrası oluşan konidiler rüzgar ve yağışla üretim alanına yayılarak sekonder enfeksiyonları oluşturmaktadır. Yaprak ve sap enfeksiyonlarında yağmur suyunun sıçratma etkisi daha fazla olmaktadır. Hastalık gelişimi için uygun koşullarda, tohum kapsülü doldurma döneminde enfeksiyonlar meydana gelebilmektedir. Tohum kapsülüne giren etmen, tohuma da bulaşmaktadır (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; McDonald vd., 2023; Anonim, 2023).

Belirtiler: Soya kurbağa gözü yaprak lekesi hastalığında, yaprağın üst yüzünde sınırlı büyüklüğe sahip, kırmızimsı kahverengili, daire veya köşeli olarak değerlendirilebilecek lekeler oluşmaktadır. İlerleyen zamanla birlikte lekeler büyümekle ve yaşlanma ile birlikte merkez kısmı zeytin grisi renginde veya kül grisi rengine dönmekte olup bu lekenin çevresi koyu kırmızimsı

kahverengi olarak gözlenmektedir. Bu lekelerin çevresinde ise klorotik sınırlı alan bulunmamaktadır. Aynı yaprağı alt yüzünde oluşan leke, koyu kahverengi veya gri olarak gözlenir. İlerleyen zamanla bu lekeler birleşmekte, geniş ve düzensiz kenarlı leke oluşumu gözlenmekte olup bu yapraklar kurumakta ve dökülmektedir. Sap da oluşan belirtiler nadir olarak mevsim sonuna doğru gözlenebilmektedir. Merkez kısmı düz veya hafif çökük olan lekeler erken dönemde dar ve uzun koyu kırmızı, etrafı koyu kahverengi veya siyah sınırlar ile çevrilmiştir. Tohum kapsülü üzerinde oluşan lekeler dairesel olduğu gibi uzunumsu hafif çökmüş ve kırmızımsı kahverengi olarak değerlendirilir. Lekeler büyüdükçe, merkez kısmı kahverengiden açık griye dönmekte ve genel olarak koyu kahverengi kesin sınırlarla çevrilidir. Enfekte olmuş tohumlarda açıktan koyuya kadar değişen gri veya kahverengi lekeler oluşmakta ve tohum kabuğu kısımlarında çatlama ve soyulmalar gözlenmektedir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; McDonald vd., 2023; Anonim, 2023).

Mücadele: Hastalıklı tanelerin çıkışlarında problemler oluşabileceği için hastalığa dayanıklı veya tolerant çeşitler tercih edilmesinin yanı sıra, hastalıktan arı ve sertifikalı tohumların ekilmesi gereklidir. Hastalığın belirlendiği alanlarda iki yıllık uygulanan ekim nöbeti tavsiye edilmektedir. Hastalıklı bitki artıklarının üretim alanı dışına taşınması ve burada yakılarak imha edilmesi, bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programları düzenlenmelidir. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiği zaman sulama yapılmalıdır (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; McDonald vd., 2023; Anonim, 2023).

Mor Tohum Lekesi (Yaprak yanıklığı) (Etmen; *Cercospora kikuchii*) Hastalığı

Kısa biyolojisi: Yaprak yanıklığı veya mor tohum lekesi hastalığı (Etmen; *Cercospora kikuchii*) etmeni farklı büyüme evrelerinde hava koşullarına bağlı olarak üretim alanlarında değişen düzeylerde görülebilmektedir. Ilık ve yağışlı havalarda, hastalıklı bitki artıkları üzerinde gelişen ve rüzgarla taşınan hastalık sporları, bitkinin sapı, yaprağı ve kapsüllerini enfekte edebilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; McDonald vd., 2023; Anonim, 2023).

Belirtiler: Tohumun, tohum kapsülünü doldurulduğu dönemde kapsüller ve tohumlar üzerinde hastalık belirtileri gözlenmektedir. Genel olarak, en üstte bulunan yaprak kırmızimsı-mor renkli olarak gözlenir ve zamanla bu yapraklar dökülmektedir. İlerleyen zamanla birlikte tohum üzerinde bulunan lekeler birleşmekte olup bu lekeler pembe veya mor renkli büyük nekrotik lekeler şeklinde gözlenir. Hastalıklı tohumlar ekilirse fide evresinde hastalık belirtisi gözlenmektedir. Kotiledonun deforme, mor renkli olduğu ve sonrasında fidenin öldüğü değerlendirilir. Enfeksiyonun daha hafif değerlendirildiği fideler ise canlılığını sürdürebilse bile bitki boyu kısadır. Hastalıktan etkilenen tohumlarda tohum kabuğunun bir kısmını veya tamamını kaplayabilen yaygın bir mor renk gözlenir. Hastalık nedeniyle verim kayıplarının oluşması beklenilmekte olup ıslatıldığında mor rengin kaybolduğu için tane kalitesine zararlı olduğu düşünülmemektedir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; McDonald vd., 2023; Anonim, 2023).

Mücadele: Hastalıklı tanelerin çıkışlarında problem oluşabileceği için hastalığa dayanıklı veya tolerant çeşitler tercih edilmeli, hastalıktan arı ve sertifikalı tohumların ekimlerde kullanılması gereklidir. Rotasyon uygulamalarında iki yıllık bir ekim nöbeti tavsiye edilmektedir. Hastalıklı bitki artıklarının üretim alanı dışına taşınması ve burada yakılarak imha edilmesi, bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programları düzenlenmelidir. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde bitki sulanmalıdır (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; McDonald vd., 2023; Anonim, 2023).

Antraknoz (Etmen; *Colletotrichum truncatum*) Hastalığı

Etmen, özellikle fasulye, biber, domates, çilek, karpuz ve kabak gibi birçok sebze ve meyvede değişen düzeylerde verim ve kalite kayıplarına neden olabilmektedir. Ayrıca soya fasulyesi gibi bazı ürünlerde hastalık oluşturabileceği bilinmektedir. Hastalıktan etkilenen bitkiler de büyümenin yavaşladığı ve bitkinin sağlıksız görünümü ile birlikte verim de düşüşlerin olduğu gözlenir.

Kısa biyolojisi: Antraknoz hastalığı (Etmen; *Colletotrichum truncatum*) etmeni, bitkiye doğal açıklardan ve yaralardan girerek enfeksiyonu başlatabilir. Etmen, bitkinin yaprağı, sapı, tanesinde bulunabilir. Belirtileri, hastalıklı kısımlarda gözlenen lekeler ve sonrasında bu kısımların ölümü ile

değerlendirilir. Hastalıklı lekeler genellikle küçük, kahverengi veya siyah renkli olup ilerleyen zamanla birlikte büyürler (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Poti vd., 2023; Anonim, 2023).

Belirtileri: Yaprak belirtileri kahverengi, siyah veya gri lekeler şeklinde gözlenir. Bu lekeler genellikle düzensiz şekilli olup lekelerin çevresinde sarı veya kahverengi bir halka bulunabilir. Yaprakların kenarları kuruyup kıvrılır ve yapraklar dökülmeye başlar. Sap ve dallar üzerinde ki lekeler kahverengi veya siyah renkli olarak gözlenir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Poti vd., 2023; Anonim, 2023).

Mücadelesi: Antraknoz hastalığının kontrolü için, farklı hastalık yönetim stratejileri birlikte kullanılabilir. Hastalığın kontrolünde, hastalığa dayanıklı veya tolerant çeşitlerin üretim deseninde yer alması, kültürel önlemler, kimyasal mücadele ve biyolojik mücadele gibi uygulamalar yer almaktadır. Kimyasal mücadeleye, hastalığın belirtilerinin görüldüğünde başlanması gerekir. Ancak, kimyasal mücadele uygulamaları sadece hastalığın erken aşamalarında etkili olabilmekte ve sürdürülebilirliği maliyet ve çevre sağlığı için dikkatle değerlendirilmelidir. Kültürel önlemler arasında, hastalığın yayılmasını önlemek için bitki sıraları arasındaki mesafelerin artırılması, hastalıklı bitki artıklarının üretim alanı dışına taşınması ve burada yakılarak imha edilmesi yer almaktadır. Bununla beraber diğer bir kültürel önlem olarak, bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programlarının oluşturulması gerekmektedir. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde sulama yapılmalıdır (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Poti vd., 2023; Anonim, 2023). Hastalığın biyolojik mücadelesinde *Trichoderma spp*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Gliocladium spp*, etmenleri kullanılabilir (Papavizas vd., 1981; Agrios, 2005; Narayanasamy, 2009; Martin vd., 2014; Sarangi vd., 2015).

Sap-Bakla Yanıklığı (Etmen; *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*) Hastalığı

Kısa biyolojisi: Sap-bakla yanıklığı hastalığı (Etmen; *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*) etmeni, özellikle sap, yaprak ve bakla üzerinde lezyonlara neden olur. Hastalık, üretim alanlarında değişen düzeylerde görülebilir. Hastalığa, sıcak ve nemli yetiştiricilik koşullarının hakim olduğu alanlarda daha yaygın olarak rastlanabilmektedir. Hastalığın yayılmasında,

hastalıklı tohumlar ve bitki artıkları öne çıkmaktadır (Hartman vd., 2015; Floyd ve Malvick, 2022, Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtiler: Hastalık, öncelikle sapların toprağa yakın kısımlarında gözlenir ve bu kısımdan bitkinin üst kısımlarına doğru yayılır. Hastalıklı bitkilerde sapsar üzerinde gri-beyaz hastalıklı alanlar görülür. Bu alanlar, genellikle sapsarın dış yüzeyinde açık yaralar şeklinde belirgin olarak değerlendirilir. Yapraklarda, hastalık sonucu oluşan lekeler, düzensiz kenarlı daha küçük ve kahverengi renklidir. Hastalık, bitkinin üst kısımlarında yaprak dökülmelerine neden olabilir. Tanelerde hastalık belirtileri genellikle kahverengi veya siyah renklidir (Hartman vd., 2015; Floyd ve Malvick, 2022; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Öncelikli kültürel önlemler, hastalıklı bitki artıklarının üretim alanı dışına taşınması ve burada yakılarak imha edilmesi ve dayanıklı veya tolerant çeşitlerin yetiştirilmesidir. Bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programları uygulanmalıdır. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde sulama yapılmalıdır. Hastalığa hastalıktan arı veya sertifikalı tohum kullanılmalıdır. Kimyasal mücadeleye, hastalığın belirtilerinin görüldüğünde başlanması gerekir. Uzun vadeli sürdürülebilir bir çözüm olarak kabul edilen biyolojik mücadele için faydalı bakteri ve fungal etmenler kullanılarak hastalığın gelişimi inhibe edebilir veya hastalıkla mücadele edebilir (Hartman vd., 2015; Floyd ve Malvick, 2022; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Phytophthora Kök ve Sap Çürüklüğü (Etmen; *Phytophthora sojae*) Hastalığı

Kısa biyolojisi: Soyada kök ve sap çürüklüğü hastalığı (Etmen; *Phytophthora sojae*) etmeni, soya tarımı yapılan tüm üretim alanlarında özellikle de sulu tarım yapılan üretim alanlarında değişen düzeylerde verim ve kalite kayıplarına neden olabilmektedir. Üst üste soya yetiştiriciliği yapılan alanlarda, hastalık daha şiddetli gözlenmektedir. Kök çürüklüğü hastalığı, *Phytophthora* cinsine dahil suksinik asit oluşturan fungusun neden olduğu bir hastalıktır. Hastalık, tohum ve toprak kaynaklı olup etmenin kök enfeksiyonları sonucu bitki ölebilir. Etmenin gelişmesi ve çoğalması için nemli ve sıcak koşullarda uygundur. Enfeksiyon, yüksek nem düzeyi ve toprak sıcaklığı ile ilişkilidir. Etmenin hastalık sporlarının gelişimi, hareketi ve enfeksiyonu için

serbest suya ihtiyacı olduğu için yeterince drene edilmemiş üretim alanlarında veya ek sulama yapılan üretim alanlarında suyun daha fazla biriktiği kısımlarda daha fazla olabilmektedir. Bu durumda ki üretim alanlarının tümünde hastalık görülebilmektedir. Etmenin kalın duvarlı oosporları uzun yıllar yaşayabildiğinden, hassas çeşitlerin yetiştiriciliğinden özellikle kaçınılmalıdır. Etmen sadece soya fasulyesini enfekte edebilmekte olup diğer kültür bitkilerin de veya yabancı otlarda varlığı bilinmemektedir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Madina vd., 2023; Anonim, 2023).

Belirtileri: Kök çürüklüğü, genellikle tohum çimlenmesi sırasında veya bitkinin erken büyüme aşamalarında başlar. Toprakta nemli koşulların devam ettiği üretim alanlarında, tohum çimlenebilir ve çimlenebilen tohumların genellikle köklerinin çürümüş olduğu gözlenir. Kök çevresinde bulunan etmen, bitkinin köklerine girerek bu kısımdan hastalığı başlatır. Hastalığın tanımlanmasında, yeşil renkli sapta hastalığın gözlendiği ve gözlenmediği kısımlar karşılaştırıldığında, belirgin bir sınır gözlenirken, saptan bitkinin uç kısmına ilerleyen çökük, kahverengi-kırmızımsı renkli belirtiler önemlidir. Belirtiler, özellikle bitkinin yapraklarının sararması ve solması, bitkinin gelişmesinde gecikme, sapın ve yaprakların dökülmesi gibi genel bir gelişme geriliği olarak gözlenir. Daha yaşlı bitkilerde ilk belirti, solgunluk ve alt yapraklarda damarlar arası sararmadır. Etmen, büyümenin tüm aşamalarında soya fasulyesini enfekte edebilirken, çıkış öncesi ve çıkış sonrası çökerten ve daha ileri dönemde olan bitkilerin solmasına ve ölümüne neden olabilmektedir. Enfekte olan yan kökler neredeyse tamamen yok olurken ana kökler koyu kahverengi olarak gözlenir. Enfekte bitkiler de solmuş yapraklar bitki üzerinde bir hafta veya daha uzun süre kalabilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Madina vd., 2023; Anonim, 2023).

Mücadele: Kök ve sap çürüklüğü hastalığı ile mücadelede, kimyasal mücadele daha çok tercih edilmektedir. Ancak, biyolojik mücadele yöntemleri de etkilidir. Bu yöntemler arasında, *Phytophthora* etmenini baskılayan bakterilerin kullanımı bulunur. Kültürel önlem uygulamaları olarak yeterli ve dengeli bitki besleme uygulamalarının yapılması önemlidir. Ayrıca kültürel önlem uygulamalarında toprağın sıcaklığı, nem oranı ve üretim alanı drenajı gibi faktörlerin de göz önünde bulundurulması gerekir. Eğer üretim alanlarında taban su seviyesi yüksekse sırta dikim yapılması değerlendirilmelidir. Etmenin konukçusu olmayan kültür bitkilerinin üretim desenin de yer alması sağlanarak

hastalık popülasyonu düşürülmelidir. Dayanıklı veya tolerant çeşitler tercih edilmeli, hastalıktan ari veya sertifikalı tohum kullanılmalıdır. Hastalık gelişiminde nem düzeyi önemli olduğu için, üretim için yeterli nemden daha fazla nemin olmamasına dikkat edilmelidir. Uygun mücadele yöntemleri kullanarak ve gerekli önlemleri alarak hastalığın olumsuz etkileri en düşük seviyede tutulabilir (Aşkın, 2008; Çakmakçı, 2012; Hartman vd., 2015; USDA 2020; Lin vd., 2022; Madina vd., 2023; Anonim, 2023).

Fide Kök Çürüklüğü (Etmenler; *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora sojae* ve *Pythium* spp.) Hastalığı

Kısa biyolojisi: Fide kök çürüklüğü hastalığı (Etmenler; *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora sojae* ve *Pythium* spp.) etmenlerinin dikkat çeken belirtileri, tohumların toprakta çürümesi ve genç bitkilerin erken dönemde ölmesi olarak değerlendirilir. *Pythium* sp. ve *Phytophthora* sp. etmenlerince oluşturulan epidemiler genellikle düşük sıcaklıklar ve nemli koşullarda gözlenirken, *Rhizoctonia* sp. etmenince oluşturulan epidemiler yağış ve sonrasında normalin üstündeki yüksek sıcaklıklar da gözlenmektedir. *Pythium* sp. ve *Phytophthora* sp. etmenleri kalın duvarlı oosporları sayesinde uzun süre canlı kalabilmektedirler. Suyu doymuş toprak koşullarında ve soya fasulyesi kökü eksüdalarının varlığında, etmenlerin oospor yapıları çimlenerek içinde hareketli zoosporların geliştiği sporangium üretirler. Zoosporlar, köklere doğru su içinde yüzerek, sağlıklı kök yapılarını daha sonra da çürümeye başlayan kökleri enfekte eder. *Rhizoctonia* sp. etmeni esas olarak bitki artıkları üzerinde canlı kalabilmektedir. Bu nedenle soya fasulyesi veya diğer bitki artıkları veya anızları üzerinde büyüyen soya fasulyesi, sayılan etmenlerin enfeksiyonu için yüksek risk altındadır (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtileri: Hastalık, fide evresinde ki bitkilerin genellikle köklerin de ve toprak seviyesine yakın sap kısımlarında kırmızı-kahverengi belirtiler olarak gözlenir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Dayanıklı veya tolerant çeşitler tercih edilmeli, hastalıktan ari veya sertifikalı tohum kullanılmalıdır. 5 cm'den daha derin ekim yapılmamalıdır. Bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programları uygulanmalıdır. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde sulama yapılmalıdır. Üretim alanında bir önceki sezondan kalan

bitki artıkları toplanmalı ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmelidir. Etmenlerin konukçusu olmayan kültür bitkileri ile rotasyonu yapılarak hastalık popülasyonu düşürülmelidir. Tohum ilaçlamaları ruhsatlı fungusitler kullanılarak yapılmalıdır. Tohum ilaçlama uygulamalarının soya rizobisi ile aşılama öncesi kuruması beklenmelidir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Beyaz Çürüklük/ Sclerotinia Kök Çürüklüğü (Etmen; *Sclerotinia sclerotiorum*) Hastalığı

Kısa biyolojisi: Beyaz çürüklük/ Sclerotinia kök çürüklüğü hastalığı (Etmen; *Sclerotinia sclerotiorum*) etmeni hem patojen (hastalık yapan) hem de saprofit (doğada ölü bitki materyalleri üzerinde yaşayabilen) bir fungustur. Hastalık, soya fasulyesinin yaprak, sap, çiçek ve meyvesi üzerinde beyaz, pamuksu bir fungal yapı oluşturur. İlerleyen zamanla birlikte büyük, siyah sclerotium yapıları da gözlenir. Hastalık etmeni, bitkinin üzerinde bulunan nemli kısımlarda gelişir ve bu kısımda ki konukçu hücrelerinden beslenir. Bu nedenle, hastalığın belirtileri öncelikle bitkinin yaprakları ve sapsındaki ölü dokularda görülür. *Sclerotinia sclerotiorum*, koyu renkli bir fungal etmen olup sclerotiumlar oluşturarak kolayca yayılabilir. Sclerotium yapısı ile etmen, kışım ve olumsuz koşullarda canlılığını sürdürür. Sap kısmında oluşan sclerotlar, daha üniform ve silindirik şekilde gözlenir. Hastalık genellikle ayçiçeği, fasulye, pamuk, yer fıstığı ve Brassicaceae (Turpgiller) gibi hastalığa hassas ürün grupları sonrası soya fasulyesinin yetiştirildiği üretim alanların da görülebilmektedir. Birçok geniş yapraklı yabancı otlarda etmenin sclerotları görülebilmektedir. Bitkinin çiçeklenme evresinde serin, nemli hava koşulları, uzun boylu çeşit tercihi, birim alanda fazla sayıda bitki bulunması ile yağmurlama sulama hastalığın bulaşması, dağılması ve gelişmesini kolaylaştırır. Bu koşullar altında, sclerotlar üzerinde sporların geliştiği küçük fungal bir yapı oluşturmak üzere çimlenir. Havada bulunan etmenin sporları önce ölü çiçek yaprakları ve yapraklarında, daha sonra sapsar da ve diğer toprak üstü organlarına kolonize olur (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtileri: Hastalık, konukçusunun genellikle yapraklar, sapsar ve meyveleri üzerinde beyaz, pamuksu bir fungal yapı olarak gözlenir. Çiçekler

açtıktan sonra, bitkilerin alt kanopisi hastalık belirtileri açısından düzenli olarak incelenmelidir. Hastalık, öncelikle bitkilerin yaprakları ve saplarındaki ölü dokuların üzerinde görülür ve bu yapılar genellikle sarı veya kahverengi lekeler olarak başlar ve sonrasında beyaz, pamuksu fungal oluşumu ile kaplanır. Ayrıca, hastalığın ilerlemesiyle birlikte, bitki üzerinde daha büyük, soluk lekeler oluşabilir. Hastalığın en belirgin özelliği, hastalığın kontrol edilmediği durumlarda bitki de hızla ilerleyerek ölmesine neden olmasıdır (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Kültürel önlem uygulamaları için, hastalıklı bitki materyallerinin üretim alanlarından hızlı bir şekilde toplanması öncelikli konular arasındadır. Tavsiye edilen bitki sıklığında ekim yapılmasına dikkat edilmelidir. Hastalığın yayılmasının engellenmesi için hastalıklı bitki artıklarının toplanması ve üretim alanı dışında yakılarak yok edilmesi, drenajın iyi yapılması ve bitkilerin uygun şekilde sulanmasına dikkat edilmelidir. Hastalığın şiddetli olarak görüldüğü üretim alanlarında en az 4 yıl süreyle soya fasulyesi yetiştirilmemesi önerilmektedir. Rotasyon uygulamalarında sorgum, mısır ve kışlık olarak yetiştirilebilen tahıllar tercih edilebilir. Biyolojik mücadele yöntemleri arasında, hastalık etmenine karşı antagonistik etkisi olan mikroorganizmaların kullanımı yer alır. Örneğin, *Trichoderma* türleri, *Bacillus* türleri ve *Streptomyces* türleri, hastalık etmenine karşı doğal antagonizma gösterirler ve bitkilerin köklerine uygulandıklarında hastalıkla mücadelede etkili olabilirler. Bazı fungusitler, *Sclerotinia sclerotiorum*'a karşı etkili olabilir. Ancak, bu yöntem sadece diğer yöntemlerin yetersiz kaldığı durumlarda kullanılmalıdır. Kimyasal mücadele, çevre ve insan sağlığına zararlı olabilir ve uzun vadeli sürdürülebilir bir çözüm önerisi olabilirliği dikkatle değerlendirilmelidir (Wiley vd., 2005; Singh vd., 2001; Lucas vd., 2007; Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Sclerotium Sap Çürüklüğü (Etmen; *Sclerotium rolfsii*) Hastalığı

Kısa biyolojisi: *Sclerotium sap çürüklüğü* hastalığı (Etmen; *Sclerotium rolfsii*) etmeni soya fasulyesinin her dönemin de bitkilerde solgunluğa ve ölüme neden olabilmekle birlikte hastalık gelişimi için uygun koşullar da verim ve kalite kayıpları önemli olabilir. Hastalık sıcak (25-35°C) havalarda, genellikle

kuraklık stresi koşulları sonrası ve toprak nemi seviyelerinin yüksek olduğu periyotlarda ortaya çıkmaktadır. Etmenin var olduğu kısmen çürümüş bitki artıklarının bulunduğu üretim alanlarına ekim yapılması, enfeksiyon riskini artırmaktadır. Etmen, sclerot yapılarıyla veya enfekteli bitki artıkları üzerinde değişen süreler de canlılığı sürdürebilmektedir (Hartman vd., 2015; Asadabadi vd., 2022; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtileri: Toprak seviyesinde ki sap kısımlarında kahverengi bir lezyon gelişir. Lezyon üzerinde, bazen toprak seviyesinde ve hastalıktan etkilenen sapın etrafındaki bitki artıklarında yelpaze benzeri beyaz bir ipliksi fungal (miselyum) örtü gelişir. Bu fungal örtü genellikle 1-2 mm çapında yuvarlak, kahverengi sclerotiumlardan oluşur (Hartman vd., 2015; Asadabadi vd., 2022; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ile uygun gübreleme programları oluşturulmalıdır. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde sulama yapılmalıdır. Üretim alanında bir önceki sezondan kalan bitki artıkları toplanmalı ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmelidir. Ürünün yetiştirme döneminde ürün içerisinde makine hareketinin en aza indirilmesi ve kışlık yetiştirilen tahıllarla rotasyon uygulamaları hastalığın en az düzeye indirilmesine katkı sağlamaktadır (Hartman vd., 2015; Asadabadi vd., 2022; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Phomopsis Bakla ve Sap Yanıklığı ve Tohum Çürümesi (Etmenler; Birkaç *Phomopsis/Diaporthe* türü) Hastalığı

Kısa biyolojisi: Phomopsis bakla ve sap yanıklığı ve tohum çürümesi hastalığı (Etmen; birkaç *Phomopsis/Diaporthe* türü) etmenleri bir sonraki üretim sezonuna kadar hastalıklı ürün artıklarında ve tohum da canlılığını sürdürebilmektedir. Spor üreten yapılardan akıntı olarak sızan sporlar, hasta bitkiden sağlıklı bitkiye yağmur (sulama) suyu sıçramasıyla yayılır. Tohum enfeksiyonu, geç bakla oluşumu sırasında uzun süreli yağış dönemlerinde ortaya çıkmaktadır. Yağışlı havalardan sonra hasadın ertelenmesi, yüksek düzeyde enfeksiyonlara neden olabilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtileri: Enfekteli bitkiler de genellikle bitki ölümüne kadar herhangi bir enfeksiyon belirtisi gözlenmemektedir. Bir dalın tabanında veya bir yaprak sapında hafif çökük kahverengi bir lezyon gelişebilir. Bitki ölümünden sonra,

saplarda ve baklalarda küçük siyah renkli piknidyum yapıları gelişir. Piknidyumlar, saplarda bakla bağlayan sap kısımlarında sıralar halinde gelişme gözlenirken, baklalarda piknidyumlar dağınık halde gelişme gösterir. Hastalık türlerinden etkilenen tohumların rengi genellikle değişir ve beyaz pamuksu bir fungal yapı ile kaplanır. Diğer belirtiler arasında, tohum kabuğunun buruşması, çatlaması ve yarılması bulunmaktadır. Hastalıktan etkilenen tohumların çimlenme gücü düşüktür ve bu tür tohumlardan büyüyen fideler genellikle ölmektedir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Hastalıktan ari veya sertifikalı tohum ekilmelidir. Üretim deseninde hastalığa dayanıklı veya tolerant çeşitler tercih edilmelidir. Bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programları uygulanmalıdır. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde sulama yapılmalıdır. Üretim alanında bir önceki sezondan kalan bitki artıkları toplanmalı ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmelidir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Rhizoctinia Kök Çürüklüğü (Etmen; *Rhizoctonia solani*) Hastalığı

Kısa biyolojisi: Rhizoctinia kök çürüklüğü hastalığı (Etmen; *Rhizoctonia solani*) etmeni fide evresindeki bitkilerin kurummasına neden olmasının yanı sıra olgunlaşmaya yakın bitkilerde kök çürümesine de neden olabilir. Etmen, sclerotium veya miselyum olarak canlılığını sürdürmekte olup konukçusunun toprak altı ve toprak üstü yapılarında canlı kalabilir. Ayrıca farklı bitki artıklarında da saprofitik olarak kolonize olabilmektedir (Hartman vd., 2015; Abbas vd., 2022; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtileri: Enfeksiyonun ilk belirtisi, genellikle suyun fazla olduğu alanlarda yer yer görülen bodur bitkilerdir. Bodur ve sağlıklı bitkiler arasında genellikle net bir sınır bulunmaktadır. Hastalıktan etkilenen bitkilerin taç ve kazık köklerinde kırmızımsı kahverengi bir renk değişikliği gözlenirken, yan kökler kısa ve küttür. Hastalık epidemileri, ağır topraklar veya yağışlar sonrası soğuk ve ardından sıcak koşullarda görülmektedir (Hartman vd., 2015; Abbas vd., 2022; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Hastalıktan ari veya sertifikalı tohum ekilmelidir. Üretim deseninde hastalığa dayanıklı veya tolerant çeşitler tercih edilmelidir. Bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programları

uygulanmalıdır. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde sulama yapılmalıdır. Üretim alanında bir önceki sezondan kalan bitki artıkları toplanmalı ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmelidir. Hastalığın görüldüğü alanlarda rotasyon uygulamaları öncelikli hastalık kontrol yönetimi olarak öne çıkmaktadır (Hartman vd., 2015; Abbas vd., 2022; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Pas (Etmen; *Phakopsora pachyrhizi*) Hastalığı

Kısa biyolojisi: Pas hastalığı (Etmen; *Phakopsora pachyrhizi*) etmeni, soya bitkisinin yapraklarında ve saplarında gözlenir ve bu yapıların üst yüzeylerin de sarımsı-yeşilimsi lekeler oluşur. İlerleyen zamanla birlikte bu lekeler, yaprak alt yüzeyinde açık kırmızı renkli sporların görüldüğü püstül yapılarına (küçük kabarcık) dönüşür. Başlangıçta, belirtiler genellikle alt yapraklarda görülür, ancak daha sonra hızla tüm bitkiye yayılarak bitkide sararmaya ve erken yaprak dökülmesine neden olabilir. Rüzgarla taşınan hastalık, soya fasulyesi üretim alanlarının önemli bir kısmında görülebilir. Genellikle üretim mevsimi sonunda gözlenmesine rağmen, ürün gelişiminin herhangi bir aşamasında bitki gelişimini değişen düzeylerde etkileyebilir. Pas hastalığı tipik olarak nem düzeyinin yüksek olduğu üretim alanlarında daha sıklıkla gözlenir ve belirli periyotlarla (örneğin her dört ila beş yılda bir) epidemiy meydana getirebilir. Kurak (iç) bölgelerde ki üretim alanlarında ılıman, yağışlı yazlarda pas hastalığı görülmektedir. Yağışlı havalar hastalık gelişimini teşvik etmektedir. İnkübasyon periyodu sonrası yaprakların üst yaprak yüzeyinde küçük sarı lezyonlar geliştirir. Hastalık, sıcak ve nemli koşullarda daha yaygın görülür. Ayrıca, hastalığın yayılması için uygun koşullar da yapraklar arasında yeterli düzeyde hava sirkülasyonu olmazsa hastalık daha hızlı yayılır. Etmen obligat bir parazit olup canlı konukçu varlığı bir zorunluluktur. Bu nedenle üretim alanlarında soya fasulyesinin olmadığı dönemde kendi gelen soya fasulyesi bitkilerinde veya alternatif konukçularında canlılığı sürdürür. (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Li ve Smith, 2023; Anonim, 2023).

Belirtileri: Hastalık öncelikle yapraklarda görülür. Yaprakların üst yüzeyinde küçük sarı lekeler belirir ve daha sonra alt yüzeyde pas rengi sporların görüldüğü püstüller oluşur. Hastalığın ilerlemesiyle, yapraklar daha koyu yeşil renk alır ve yaprakların dökülmesine neden olabilir. Hastalık,

yaprakların fotosentez yapma kapasitesini azaltarak bitkinin büyümesini ve verimini olumsuz etkileyebilir. Optimum hastalık gelişim koşullarında bakla oluşumu ve tohum büyüklüğü etkilenir ve genellikle verimi %10 veya daha fazla azalabilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Li ve Smith, 2023; Anonim, 2023).

Mücadelesi: Hastalığın kontrolü için farklı hastalık yönetim stratejileri birlikte kullanılabilir. Bunlar arasında amaca uygun dayanıklı çeşit geliştirilmesi ve kullanımı, kimyasal mücadele, kültürel önlemler ve biyolojik mücadele gibi yöntemler yer alır. Kimyasal mücadele, genellikle hastalığın erken belirtileri görüldüğünde uygulanır. Ancak, kimyasal mücadele sadece hastalığın erken aşamalarında etkili olabilir ve ekonomik olarak sürdürülebilirliği dikkatle değerlendirilmelidir. Kimyasal uygulamaların 14 gün arayla birkaç kez uygulanması gerekebilir. Soya yetiştiriciliği yapılan bazı ülkelerde hastalık ilk görüldüğünde sistemik etkili fungusitlerin uygulandığı bilinmektedir. Çoğu üretim sezonunda hastalık şiddeti üst düzey de olmadığı sürece, ürünün vejetatif gelişim döneminde bu fungusitlerin uygulanmasının avantajı sınırlıdır. Erken bakla oluşumu dönemi sistemik fungusit uygulamaları için en kritik zaman olup hastalığın yapraklarda kapladığı alan ve tarlada yaygınlığı dikkate alınarak bir ilaçlama ve 14 gün sonrasında bir ilaçlama uygulaması daha önerilmektedir. Sistemik fungusitler, kalıntı problemi dikkate alınarak R5 aşamasından (Ana sap üzerinde bulunan son dört boğumdan herhangi birinde 3 mm uzunluğa sahip bir tohum bulunması) sonra uygulanmamalıdır. Kültürel önlemler, hastalığın önlenmesinde etkili bir yöntemdir. Bu yöntemde, hastalığın yayılmasını önlemek için bitki sıralarının arasındaki mesafeler artırılır. Bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programları uygulanmalıdır. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde sulama yapılmalıdır. Üretim alanında bir önceki sezondan kalan bitki artıkları toplanmalı ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmelidir. Hastalığın bir sonra ki sezona geçmesinde rolü olan kendi gelen soya fasulyesi bitkileri yok edilmelidir. Biyolojik mücadelede kullanılan fungus ajanları arasında, *Trichoderma harzianum* ve *Gliocladium virens* gibi farklı türler yer alır. *Trichoderma harzianum*, etmenin bitki de büyümesini ve gelişimini inhibe ederek, bitkilerin sağlıklı gelişmesine katkı sağlar. *Gliocladium virens* hastalık etmenine karşı doğal bir antagonisttir ve toprakta yaşayan zararlı nematodlar gibi diğer zararlı organizmalara karşı da

etkilidir (Lucas, 2013; Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Li ve Smith, 2023; Anonim, 2023).

Mildiyö (Etmen; *Peronospora manshurica*) Hastalığı

Kısa biyolojisi: Mildiyö hastalığı (Etmen; *Peronospora manshurica*) etmeni enfekteli yapraklarda ve tohumda oosporlar olarak canlılığı sürdürmektedir. Çeşitlerin hastalığına olan reaksiyonlarının belirlenmesinde doğal epidemi şartlarında, hastalığın sporadik doğası nedeniyle zorluklar yaşanmaktadır. Hastalığın düşük insidansı ve verim üzerindeki nispeten sınırlı etkisi, dayanıklı veya tolerant çeşitlerin geliştirilmesi ve üretim deseninde yer alması hastalığı düşük bir öncelik haline getirmektedir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtileri: Başlangıç da genç yaprakların üst yüzeylerinde soluk yeşil-açık sarı lekeler olarak gözlenirken ilerleyen süreç de bu lekeler genişleyerek değişik şekillerde açık-koyu sarı lezyonlara dönüşür. Alt yaprak yüzeylerinde, rensiz lezyonlarda beyaz miselyal büyüme görülür ve optimum hastalık gelişim koşullarında erken yaprak dökülmeleri meydana gelebilir. Bu hastalık genellikle ılıman, yağışlı mevsimlerde yaygın görülmekle birlikte, verim kayıpları önemsiz olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte hastalık etmeninin oosporları tarafından, tohum kabuğu üzerinde oluşturulan beyaz bir yapı nedeniyle hasat edilen tanenin kalitesini değişen düzeylerde düşürebilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadelesi: Çimlenmeyi azaltabileceğinden, hastalıkla bulaşık bitkilerden elde edilen taneler tohumluk olarak depolanmamalı veya kullanmamalıdır. Bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programları uygulanmalıdır. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde sulama yapılmamalıdır (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Külleme (Etmen; *Erysiphe diffusa*) Hastalığı

Kısa biyolojisi: Külleme hastalığı (Etmen; *Erysiphe diffusa*) etmeni ılıman ve yağışlı üretim sezonlarında birçok üretim alanında belirlenmesine rağmen nadir gözlemlendiği bildirilen bir hastalıktır. Etmen, muhtemelen bir üretim sezonundan diğer üretim sezonuna kendi gelen soya fasulyesi

bitkilerinde veya alternatif konukçularına geçerek hayatta kalmaktadır. Ancak etmenin konukçuları sınırlıdır (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Scolin vd., 2023; Anonim, 2023).

Belirtileri: Başlangıç da alt yapraklar da her ikisinde de beyaz, tozlu (miselyal) lekeler olarak gözlenen hastalık daha sonra genç yapraklara yayılabilir. Belirtilerin gözlemediği kısımlarda gelişen sporlar, hakim rüzgarla kilometrelerce yayılır. Optimum hastalık gelişim şartlarında, değişen düzeylerde verim ve kalite kayıpları meydana gelebilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Scolin vd., 2023; Anonim, 2023).

Mücadelesi: Üretim deseninde hastalığa dayanıklı veya tolerant çeşitler tercih edilmelidir. Bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programları uygulanmalıdır. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde ürün sulanmalıdır. Üretim alanında bir önceki sezondan kalan bitki artıkları toplanmalı ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmelidir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Scolin vd., 2023; Anonim, 2023).

Fusarium Solgunluğu (Etmenler; *Fusarium* sp.) Hastalığı

Fusarium etmen(ler)'i tarafından oluşturulan solgunluklar, birçok bitki türünde değişen düzeylerde kayıplara neden olmaktadır. Hastalığa neden olan özel tür, özellikle soya fasulyesinde önemli zararlara neden olan *Fusarium virguliforme*'dir.

Kısa biyolojisi: *Fusarium* solgunluğu hastalığı (Etmen; *Fusarium* sp.) etmeni, toprakta bulunan sporları ile konukçu bitki köklerine girmesiyle enfeksiyonu başlatmaktadır. Sporlar, nemli ve sıcak toprak koşullarında daha hızlı yayılabilmektedir. Konukçu kök bölgesinde enfeksiyon oluştuğunda etmen, bitkinin iletim demetlerine yerleşir ve burada gelişerek bitki de su ve besin maddesi taşınmasına engel olur. Bu durum konukçusu olduğu bitkilerin yapraklarının sararması, solması ve ölmesine neden olur (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtileri: Bitkinin üst kısımlarında başlayarak yapraklarda solma ve kurumalar gözlenir. İlerleyen zamanla birlikte bitkinin sap ve kökleri etkilenir ve bu durum, bitkinin toprağa yakın kısımlarında yaprak dökülmesine, sap çürümesine ve köklerin siyahlaşmasına neden olur. Bu belirtiler, bitkinin

gelişimini ve verimini olumsuz etkiler (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadelesi: Hastalığın kontrolü için farklı hastalık yönetim stratejileri birlikte kullanılabilir. Bu stratejiler, dayanıklı çeşitlerin ekilmesi, kültürel önlemler, biyolojik mücadele ve kimyasal mücadele gibi yöntemleri içerir. Dayanıklı veya toleranslı çeşit tercihi ve üretim deseninde yer alması hastalığın baskı altına alınabilmesi için tercih edilmelidir. Hastalığın kontrolün de kullanılan kültürel önlemler arasında, bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programlarının uygulanması, üretim alanında bir önceki sezondan kalan bitki artıklarının toplanması ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmesi bulunmaktadır. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde ürün sulanmalıdır. Drenajı iyi yapılan üretim alanlarında üretim yapılması ve bitki sıralarının sıklığının genişletilmesi diğer uygulamalardır. Biyolojik mücadele, *Trichoderma* spp. gibi bazı faydalı fungal ajanlar, topraktaki hastalık etmenlerinin popülasyonunu azaltarak bitkinin sağlıklı gelişmesine katkıda bulunabilir. Ayrıca, bitki köklerine uygulanan biyolojik mücadele ürünleri, köklerin sağlıklı kalmasına yardımcı olabilir. Hastalığın kontrolünde etkili olan bazı fungusitlerin varlığı bilinmekle beraber, kimyasal mücadele kullanımı, uzun vadede sürdürülebilir bir çözüm önerisi olarak tartışmaya açıktır. Kimyasal mücadele, diğer yöntemlerin yetersiz kaldığı durumlarda, özellikle hastalık baskısı yüksek olan alanlarda kullanılabilir (Lucas, 2013; Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Septoria Yaprak Lekesi (Etmen; *Septoria glycines*) Hastalığı

Hastalık, üreticiler arasında yaygın olarak septoria yaprak lekesi hastalığı olarak da bilmekte olup hastalık soya fasulyesi üretiminde önemli bir hastalık olarak kabul edilir ve verim/kalite kaybına neden olur.

Kısa biyolojisi: Septoria yaprak lekesi hastalığı (Etmen; *Septoria glycines*) etmeni yapraklarda kahverengi lekelerin oluşmasına neden olan bir etmendir. Etmen, yaprak yüzeyinde veya toprak üstü diğer bitki kısımlarında uzun süre canlı kalabilir. Yaprak da oluşturduğu zarar nedeniyle, fotosentezi değişen düzeylerde etkileyerek bitkinin zayıflamasına bunun bir sonucu olarak da konukçu bitkinin diğer stres faktörlerine daha hassas hale gelmesine neden olur (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtiler: Hastalığın en tipik belirtisi, yapraklarda kahverengi lekelerin oluşmasıdır. Lekeler, yaprakların üzerinde veya altında görülebilir ve halkalı bir yapı şeklinde gözlenmektedir. Lekelerin büyüklüğü, yaprakların büyüklüğüne ve hastalığın şiddetine göre değişebilir. İlerleyen fenolojik dönemler birlikte, yapraklarda kloroz ve yaprak dökümü de olabilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Hastalığa dayanıklı veya toleranslı çeşit tercihi ve üretim deseninde yer almasıyla hastalık baskısını azaltılabilir. Kültürel önlemler olarak, bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programlarının uygulanması, üretim alanında bir önceki sezondan kalan bitki artıklarının toplanması ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmesi bulunmaktadır. Bitki sıralarının arasındaki mesafe genişletilmeli, bitkinin havalanma ve daha fazla güneş ışığı almasının sağlanması tavsiye edilen uygulamalardır. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde sulama yapılmalıdır. Kimyasal mücadele de hastalığa karşı etkili olan bazı fungusitler kullanılmaktadır. Ancak kimyasal mücadele, uzun vadede sürdürülebilir bir çözüm önerisi olmayıp kullanımı çevre ve insan sağlığı olumsuz etkileyebilmektedir. Kimyasal mücadele, diğer yöntemlerin yetersiz olduğu durumlarda, özellikle hastalık baskısı yüksek olan üretim alanlarında kullanılabilir (Singh vd., 2001; Wiley vd., 2005; Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Soya Üretimini Etkileyen Bakteriyel Hastalıklar

Bakteriyel Lekeli Yaprak (Etmen; *Xanthomonas campestris* pv. *glycines*) Hastalığı

Bakteriyel lekeli yaprak (Bacterial Leaf Spot) hastalığının etmeni *Xanthomonas campestris* pv. *glycines*'dir. Etmen, soya bitkisinin yapraklarında lezyonlar oluşturarak, bitkinin büyümesini engeller ve değişen düzeylerde üretim ve kalite kaybına neden olur. Hastalık, özellikle nemli ve sıcak havalarda yaygın olarak gözlenmektedir.

Belirtiler: Hastalık belirtileri yapraklarda su lekeleri şeklinde başlar ve daha sonra bu lekelerde kahverengi veya siyah renkli nekrotik alanlar oluşturur. Bu nekrotik alanlar yaprakta deliklere neden olabilir. Lezyonlar genellikle yaprağın kenarında başlar ve daha sonra merkeze doğru yayılır. Hastalık

nedeniyle ilerleyen zamanla birlikte, yapraklar dökülebilir ve bitkinin ölümüne neden olabilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Kültürel önlemler, hastalığın yayılmasını önlemeye yardımcı olabilir. Hastalıkla mücadelede, farklı hastalık kontrol yöntemlerinin birlikte veya belirli sırayla kullanılması hastalığın kontrolünde başarıyı arttırmaktadır. Hastalıklardan arı veya sertifikalı tohum kullanılmalıdır. Bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programlarının uygulanması gereklidir. Toprak nem düzeyi kontrol edilmeli ve gerektiğinde sulama yapılmalıdır. Bitkilerin uygun nem ve sıcaklık koşullarında yetiştirilmesi hastalığın yayılmasını engeller. Üretim alanında bir önceki sezondan kalan bitki artıkları toplanmalı ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmelidir. Hastalığın yoğun olarak gözlemlendiği alanlar da en az iki yetiştirme sezonu soya ekilmemelidir. Bitkilerin sık ekilmesi, havalanmanın sınırlı olmasına neden olabileceğinden, hastalık baskısı yüksek olan alanlarda önerilmez. Yaprakların ıslak kaldığı sulamaların yapılmasından kaçınılmalıdır. Hastalığa dayanıklı veya toleranslı çeşitlerin tercihi veya üretim deseninde yer alması tavsiye edilmekle beraber hastalık baskısı yüksek olduğunda üretim alanlarında hastalığın kontrolü için yeterli olmayabilir. Kimyasal mücadele uygulamalarında, bitkinin büyüme sürecinde etmenin kontrolünü de etkili aktif maddeler yapraklardan uygulanmalıdır. Ancak, etmen veya diğer bakteriyel etmenlerin bu aktif maddeye direnç kazanabileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle bu çözüm önerisi uzun vadede sürdürülebilir bir çözüm olmayabilir. Biyolojik mücadele de hastalığın kontrolü için özel bir biyolojik kontrol yöntemi henüz ortaya konulamamıştır. (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Bakteriyel Püstül Hastalığı (Etmen; *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*) Hastalığı

Bakteriyel püstül hastalığı (Bacterial Yellow Disease), etmeni *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (Syn. *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*)'dir. Hastalık sıcak ve nemli üretim koşullarında konukçusunda ve üretim alanlarında hızla yayılır. Etmen, özellikle yağışlı havalarda yaprak yüzeyindeki nemli kısımlarda çoğalmaktadır. Hastalık genellikle önemli olarak değerlendirilmemekle birlikte, kıyı bölgeleri üretim alanlarında, özellikle de

daha yağışlı veya daha nemli mevsim koşullarında ve uzun bulutluluk dönemlerinde sorun olabilir. Tohum, etmenin en önemli primer inokulum kaynağıdır.

Belirtiler: Hastalık belirtileri, soya bitkisinin yapraklarında, saplarda ve kapsüllerinde görülebilmektedir. Hastalık, bitkilerin yapraklarında açık kahverengi merkezleri olan küçük sarı lekelerle neden olmaktadır. Her lekenin merkezinde, özellikle de yaprak alt yüzeyinde, ten renginde hastalığa ismini veren kabarık bir püstül gelişir. Kabarık püstül ilerleyen zamanla birlikte çökerek parlak sarı kenarlı kahverengi bir leke oluşturmaktadır. Püstüller saplarda da görülebilmektedir. Bakteriyel püstül hastalığı ile pas hastalığını (Etmeyen; *Phakopsora pachyrhizi*) gelişimin erken aşamalarında ayırt etmek zor olabilir. Bakteriyel püstül hastalığın da ilerleyen dönemle birlikte kahverengi nekrozlar ve yaprak kenarlarında kıvrılmalar görülür. Hastalıktan etkilenen yapraklar ilerleyen dönemde kurur ve dökülür. Hastalığa hassas genotiplerin kapsül belirtileri kırmızı-kahverengi kabarık lekeler olarak gelişebilmektedir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programlarının uygulanması, üretim alanında bir önceki sezondan kalan bitki artıkları toplanması ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmesi gereklidir. Etmeyenin, kışı hastalıklı bitki artıklarında ve buğday rizosfer bölgesinde geçirdiği bilinmektedir. Hastalığın erken dönem de belirlenmesi ve mücadeleye erken dönem de başlanması yaşanabilecek kayıpları azaltabilecektir. Hastalığın görülebileceği yüksek riskli üretim alanlarında bitkilerin düzenli olarak kontrol edilmesi ve erken dönemde kontrol önlemlerinin uygulanması önemli olup hastalığın yayılmasının engellenmesinde kritik derece önemlidir. Hastalığın kontrolünde dayanıklı veya tolerant genotiplerin yetiştirilmesi en pratik yol olarak değerlendirilmektedir. Kimyasal mücadele uygulamalarında hastalık belirlendiğinde ilaçlama yapılmalı ve hastalığın gelişime devam ettiği durumlarda tavsiye edilen aralıklarla 2-3 uygulama yapılması değerlendirilmelidir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Bakteriyel Kök Çürüklüğü (Etmen; *Pseudomonas savastanoi*) Hastalığı

Bakteriyel kök çürüklüğü (Bacterial Root Rot) hastalığının etmeni *Pseudomonas savastanoi* 'dir. Hastalık soya üretim alanlarında yaygın olarak görülebilmektedir. Etmen, hastalıklı tohum, bitki artıkları veya hastalıklı bitkilerden sağlıklı bitkilere taşınabilmekte olup sulama suyu ve toprak yoluyla da yayılabilir. Toprakta yaşayan nematodlar veya diğer toprak altı zararlı organizmaların bitki köküne zarar vermesi sonucu oluşan stres nedeniyle bitki gelişimin yetersiz veya sağlıklı olduğu durumlarda enfeksiyon riski artmaktadır.

Belirtiler: Hastalık belirtileri, öncelikle bitkinin kök bölgesinde görülmekte olup köklerde siyah lekeler veya çürüklükler meydana gelmektedir. Bu lekeler genellikle kökün uç kısımlarından başlayarak yukarı doğru ilerler. Hastalıktan etkilenen köklerin zayıflayarak çürümesi nedeniyle bitkinin su ve besin alımı kısmen veya tamamen aksayabilir. Bu durumun bir sonucu olarak bitkinin büyümesi durmakta ve bitki zayıf düşmektedir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Kültürel önlemler olarak, bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programlarının uygulanması, üretim alanında bir önceki sezondan kalan bitki artıklarının toplanması ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmesi uygulamaları hastalığın kontrolünde tavsiye edilmektedir. Bitkilerde hastalık belirtileri görüldüğünde, hastalıklı bitki materyalinin hemen yok edilmesi öncelikli konular arasındadır. Hastalıklardan arı veya sertifikalı tohum kullanılmalıdır. Etmenin kontrolünde bitki dayanıklılık performansının artırılabilmesi için farklı bitki besin maddeleri ve faydalı mikrobiyal ürünler kullanılabilir. Ayrıca, bitkiler de nematod zararının en alt seviyeye indirilmesi için gerekli önlemler alınmalıdır. (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Bakteriyel Yanıklık (Etmen; *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*) Hastalığı

Bakteriyel yanıklık (Bacterial blight), hastalığının etmeni *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* (Syn. *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*) 'dir.

Hastalık etmeninin primer inokulum kaynakları tohum ve hastalıklı bitki artıklarıdır.

Belirtiler: Hastalığın belirtileri, tüm toprak üstü kısımlarında görülebilmektedir. Yaprak da görülen lekeler, başlangıç döneminde sınırlı büyüklükte ve sulu olarak gözlenir. Hastalığın gelişmeye devam etmesi ile orta kısmı kahverengi, etrafı sarı renkli haleler ile çevrili lekeler dönüşmektedir. Bu lekeler ilerleyen zamanla birlikte birleşerek kahverengi ve köşeli lekeler neden olmaktadır. Lekeli alanlar çoğunlukla yırtılarak yaprak simetrisinde düzensizliklere neden olmaktadır. Hastalık nedeniyle saplarda da benzer lekeler oluşur. Sap veya yaprağın sap kısımlarında siyah renkli lekeler gözlenir. Kapsüllerde oluşan lekeler ise koyu kahverengi veya siyah renkli olarak değerlendirilir. Fide evresinde hastalıktan etkilenen bitkiler gelişme geriliği nedeniyle cüceleşmiş olarak gözlenir. Eğer hastalık bitkinin büyüme noktasına ulaşırsa bu bitkilerin ölmesi beklenmektedir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Hastalık üretim alanlarında değişen oranlarda olmakla birlikte, sıklıkla karşılaşılması mümkündür. Diğer taraftan oluşan ekonomik kayıplar sınırlıdır. Hastalıklardan arı veya sertifikalı tohum kullanılmalıdır. Bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programlarının uygulanması, üretim alanında bir önceki sezondan kalan bitki artıkları veya kendi gelen bitkiler toplanmalı ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmesi gereklidir. Ekim nöbeti uygulamaları değerlendirilmelidir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Vahşi Ateş (Etmen; *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*) Hastalığı

Vahşi ateş (Wildfire), hastalığının etmeni *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*'dir. Etmen üreticiler tarafından "Tütünde Vahşi Ateş Hastalığı" yaygın ismiyle de bilinir Hastalıkla, üretim alanlarında sınırlı karşılaşılmaktadır.

Belirtiler: Hastalık, bitki yapraklarında çok belirgin sınırları olan geniş sarı halelerle çevrili olup, değişen boyut ve şekillerde kahverengi ölü alanlar olarak gözlenir. Lekeler, hastalık ilerledikçe birleşebilir ve bu yapraklar kolayca dökülebilir. Genel olarak hastalığın yalnızca bakteriyel püstit enfeksiyonları (Etmen; *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*) sonrasında ortaya çıktığı rapor edilmiştir. Bakteriyel bir püstit hastalığı, vahşi ateş hastalığı belirtisinin

merkezine yakın bir yerde gözlenir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Hastalığın görülebileceği yüksek riskli üretim alanlarında bitkilerin düzenli olarak kontrol edilmesi ve erken dönemde kontrol önlemlilerinin uygulanması önemli olup hastalığın yayılmasının engellenmesinde kritik derece önemlidir. Hastalığın kontrolünde dayanıklı veya tolerant genotiplerin yetiştirilmesi en pratik yol olarak değerlendirilmektedir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Tohum Çürüklüğü (Etmen; *Bacillus subtilis*) Hastalığı

Tohum çürüklüğü hastalığının etmeni *Bacillus subtilis*'dir. Etmen toprak ve çürümüş bitki artıklarında bulunabilmektedir. Hastalık soya da değişen düzeylerde görülmektedir. Sıcaklığın ve nemin yüksek olduğu depolama koşullarında ve üretim alanlarında verim ve kalitede farklı düzeylerde kayıplar olduğu bilinmektedir. Artan sıcaklıkla beraber (30°C ve üstü) kayıplar daha da fazla olabilmektedir. Hastalığın kontrolünde %1'lik NaOCl kullanılarak tohum dezenfeksiyonu değerlendirilmelidir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Soya üretim alanlarında ayrıca *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Kırışik Yaprak Lekesi), *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, *Ralstonia solanacearum* gibi bakteriyel etmenler ile bazı Phytoplasmalar (Machismo, Witches broom, Phyllody) değişen düzeylerde görülebilmektedir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Soya Üretimini Etkileyen Virüs Hastalıklar

Soya Fasulyesi Mozaik Virüs (Etmen; Soybean Mosaic Virus (SMV)) Hastalığı

Etmeni Soybean Mosaic Virus (SMV) olan hastalık, soya bitkisinde yaygın görülen bir virüs hastalığıdır. SMV, Potyviridae familyasına dahil olup soya fasulyesi üretiminde tüm dünya da görülebilen bir hastalık olarak değerlendirilmektedir. Hastalık, yapraklarda mozaik lekeler ve kıvrılmalar gibi belirtilere neden olmakta bu durumun bir sonucu olarak azalan fotosentez alanı ile birlikte dikkati çeken verim ve kalite kayıplarına neden olabilir. Hastalık tohumla ve yaprak bitleri gibi böcek vektörleri ile enfekte bitkilerden sağlıklı

bitkilere taşına bilmektedir. Soya fasulyesi yaprak biti (*Aphis glycines*), SMV'nin vektörlerinden birisi olup, bitkinin öz suyu ile beslenerek virüsü sağlıklı bitkilere taşımaktadır (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtiler: Hastalık genellikle bitkinin yapraklarında leke oluşumuyla başlar. Bu lekeler daha sonra açık yeşil, koyu yeşil renkli mozaik benzeri belirtilere dönüşür ve bitki yapraklarında kıvrılmalar bu dönemde görülebilmektedir. Bu belirtilere ek olarak farklı yaprak deformasyonları ve gelişme geriliği de diğer dikkati çeken belirtilerdir. Bu belirtiler genellikle bitkinin büyüme sürecinin ilerleyen aşamalarında ortaya çıkar. Şiddetli enfeksiyonlar değişen düzeylerde verim ve kalite kayıplarına neden olabildiği gibi bitkinin ölümüne de neden olabilmektedir. Belirtiler, 25°C üzerinde ki sıcaklıklarda azalırken, 30°C'nin üzerinde ki sıcaklıklarda ise maskelenmektedir. Kahverengi veya siyah hilum içeren çeşitlerde, enfekteli tohumlar hilumdan uzanan kahverengi veya siyah çizgiler şeklinde gözlenebilmektedir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Kültürel önlemler olarak, bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programlarının uygulanması, üretim alanında rastlanılan bitki artıklarının toplanması ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmesi uygulamaları hastalığın önlenmesinde öne çıkmaktadır. Hastalıklardan arı veya sertifikalı tohum kullanılmalıdır. Ayrıca, vektör olan yaprak bitlerinin kontrol edilmesi hastalığın yayılmasını sınırlamaktadır. Hastalığın kontrolünde dayanıklı genotiplerin yetiştirilmesi en pratik yol olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca etmene dayanıklı veya tolerant çeşitlerin kullanımı, hastalığın kontrol edilmesine yardımcı olabilir. Bazı fungal ve bakteriyel hastalıkların kontrolünde kullanılan aktif maddeler SMV kontrolü için etkili değildir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Soya Fasulyesi Nekrotik Damar Virüsü (Etmen; Soybean Vein Necrosis Virus (SVNV)) Hastalığı

Etmeni Soybean Vein Necrosis Virus (SVNV) olan hastalık, soya bitkisinde değişen düzeylerde görülen bir virüs hastalığıdır. Etmen *Tospovirus* cinsi Bunyaviridae familyasına dahil olup etmen bazı yaprak bitleri tarafından taşınır. Hastalık soya fasulyesi gelişiminin yanı sıra verim ve kalitesini olumsuz etkileyebilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtiler: Genellikle bitkilerde yaprak nekrozu, damar nekrozu, kloroz, yaprak şeklinde oluşan deformasyonlar ve kök gelişimde deformasyonlar veya gelişim geriliği gibi belirtilere neden olur (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Kültürel önlemler olarak, bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programları uygulanmalıdır. Üretim alanında rastlanılan bitki artıklarının toplanması ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmesi gereklidir. Vektörler olan yaprak bitlerinin kontrol edilmesi hastalığın yayılmasını sınırlamaktadır. Virüse dayanıklı veya tolerant çeşitlerin üretim deseninde yer alması, hastalığın kontrol edilmesine yardımcı olabilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Soya Fasulyesi Cücelik Virüsü (Etmen; Soybean Dwarf Virus (SbDV)) Hastalığı

Etmeni Soybean Vein Necrosis Virus (SVNV) olan hastalığın Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Brezilya gibi ülkelerde belirlendiği rapor edilmiştir. Etmen, farklı yaprak bitleri ve beyazsinek vektörleri tarafından taşınmaktadır. Etmen, bitki hücrelerinde deformasyonlara neden olarak bitkinin normal gelişimini engelleyerek verim ve kaliteyi olumsuz etkiler (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtiler: Bitkilerin boyunda ve yaprak formunda küçülme şeklinde deformasyonların yanı sıra yaprakların kıvrılması, sararması ve klorotik şeritlerin oluşumu gözlenir. Bununla beraber verim düşüklüğü, çiçeklerde düşük dölleme oranının yanında sert, steril ve normale göre küçük tohumlar da görülebilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Kültürel önlemler olarak, bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programlarının uygulanması, üretim alanında rastlanılan bitki artıklarının toplanması ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmesi tavsiye edilmektedir. Vektör yaprak bitleri ve beyazsineğin kontrol edilmesi hastalığın yayılmasını sınırlamaktadır. Virüse dayanıklı veya tolerant çeşitlerin kullanımı, hastalığın kontrol edilmesine katkı sağlayabilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Fasulye Meyve Beneklenme Virüsü (Etmen; Bean Pod Mottle Virus (BPMV)) Hastalığı

Etmeni Bean Pod Mottle Virus (BPMV) olan hastalık, soya bitkisinde değişen düzeylerde görülen bir virüs hastalığıdır. Etmen *Comovirus* cinsi Secoviridae familyasına dahildir (Sanfaçon vd., 2009). Etmen *Epilachna varivestis* gibi bazı yaprak bitleri ve benzeri vektör böcekler tarafından taşınır. Ayrıca enfekte tohumlarla da hastalığın taşındığı bilinmektedir. Etmen, enfekte bitki hücrelerinde çoğalarak bitkinin büyüme ve gelişmesini olumsuz etkiler (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtiler: Genellikle bitkilerin yapraklarında, saplarında ve baklaları üzerinde görülür. Yaprak belirtileri, sarı veya beyaz lekeler, şekilsel deformasyonlar ve kloroz şeklinde gözlenir. Sap ve bakla belirtileri koyu renkli lekeler, kabarcıklar ve şekilsel deformasyonlar şeklinde olabilir. Ayrıca bitkilerde büyüme geriliği, verim ve kalite kayıplarının yanı sıra tohumluk kalitesinde azalmalarda görülebilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Kültürel önlemler olarak, bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programlarının uygulanması gereklidir. Üretim alanında rastlanılan bitki artıklarının toplanması ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmesi uygulamaları hastalığın önlenmesinde öne çıkmaktadır. Hastalıklardan arı veya sertifikalı tohum kullanılmalıdır. Ayrıca, vektör yaprak bitlerinin kontrol edilmesi hastalığın yayılmasını sınırlamaktadır. Virüse dayanıklı veya tolerant çeşitlerin kullanımı, hastalığın kontrol edilmesine katkı sağlayabilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Yerfıstığı Benek Virüsü (Etmen; Peanut Mottle Virus (PMV)) Hastalığı

Etmeni Peanut Mottle Virus (PMV) olan hastalık, soya bitkisinde değişen düzeylerde görülen bir virüs hastalığıdır. Hastalığın ekonomik olarak önemli olmadığı rapor edilmiştir. Üretim alanlarında değişen düzeylerde görülebildiği bilinmektedir. PMV, yer fıstığı üretim alanları yakınında soya fasulyesi yetiştiriciliği yapıldığında daha yaygın olarak ortaya çıkmaktadır (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Belirtiler: Yapraklarda PMV belirtileri SMV'nin neden olduğu leke oluşumu, ilerleyen dönem de açık yeşil, koyu yeşil renkli mozaik benzeri belirtilerle, bitki yapraklarında kıvrılma belirtilerine benzer, ancak yapraklarda çizgi veya halka desenleri görünebilir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

Mücadele: Kültürel önlemler olarak, bitkinin sağlıklı yetiştirilmesi için yeterli ve dengeli sulama ve gübreleme programlarının uygulanması, üretim alanında rastlanılan bitki artıklarının toplanması ve üretim alanı dışarısında bir yerde yakılarak imha edilmesi tavsiye edilmektedir. Hastalıklardan ari veya sertifikalı tohum kullanılmalıdır. Ayrıca, vektör yaprak bitlerinin kontrol edilmesi hastalığın yayılmasını sınırlamaktadır. Virüse dayanıklı veya tolerant çeşitlerin üretim deseninde yer alması, hastalığın kontrolünde dayanıklı genotiplerin yetiştirilmesi en pratik yol olarak değerlendirilmekte olup hastalığın kontrol edilmesine yardımcı olabilir. Bazı fungal ve bakteriyel hastalıkların kontrolünde kullanılan kimyasallar PMV kontrolü için etkili değildir (Hartman vd., 2015; Lin vd., 2022; Anonim, 2023).

KAYNAKÇA

- Abbas, A., Fang, X., Iqbal, S., Naqvi, S. A. H., Mehmood, Y., Rao, M. J., ... & Negm, S. 2022. Population genetics and anastomosis group's geographical distribution of *Rhizoctonia solani* associated with soybean. *Genes*, 13(12), 2417. <https://doi.org/10.3390/genes13122417>.
- Anonim, 2023. Soybeans Northern Region - GrowNotes™ https://grdc.com.au/resources-and-publications/grownotes/crop-agronomy/soybeansgrownotesnorthern/grdc-grownotes-soybeans-northern.pdf?utm_source=website&utm_medium=download_link&utm_campaign=pdf_download&utm_term=North&utm_content=Soybeans%20Northern%20Region%20-%20GrowNotes™ (Erişim tarihi 01.05.2023)
- Asadabadi, R.S., Hage-Ahmed, K. & Steinkellner, S. 2022. Response of sunflower and soybean to infection with *Sclerotinia sclerotiorum* with addition of organic amendments. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 129(6), 1367-1376. <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00643-2>
- Aşkın, M. A., 2008. Soya Fizyolojisi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Ankara.
- Ayaşan, T. 2011. Soya Silajı ve Hayvan Beslemede Kullanımı. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 8: 187-192. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ercivet/issue/5827/77486>
- Floyd, C. M., & Malvick, D. K. 2022. *Diaporthe* species associated with symptomatic and asymptomatic infection of soybean stems in Minnesota: Identity, virulence, and growth characteristics. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 44(6), 858-873.
- Hartman, G. L., Rupe, J. C., Sikora, E. J., Domier, L. L., Davis, J. A., & Steffey, K. L. (Eds.). 2015. Compendium of soybean diseases and pests. 5th ed.; St. Paul, MN: American Phytopathological Society. <https://doi.org/10.1094/9780890544754> (PART I: Infectious Diseases G. L. Hartman, J. C. Rupe, E. J. Sikora, L. L. Domier, J. A. Davis, and K. L. Steffey Compendium of Soybean Diseases and Pests, Fifth Edition. 17-135)
- Kırtok, Y. 1998. Mısır: üretimi ve kullanımı. Kocaelik Yayınevi, İstanbul

- Li, S., & Smith, J. R. 2023. Phenotypic Evaluation of Soybean Genotypes for Their Reaction to a Mississippi Isolate of *Phakopsora pachyrhizi* Causing Soybean Rust. *Plants*, 12(9), 1797. <https://doi.org/10.3390/plants12091797>
- Lin, F., Chhapekar, S. S., Vieira, C. C., Da Silva, M. P., Rojas, A., Lee, D., ... & Nguyen, H. T. 2022. Breeding for disease resistance in soybean: A global perspective. *Theoretical and Applied Genetics*, 135, 3773–3872. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04101-3>
- Madina, M. H., Santhanam, P., Asselin, Y., Jaswal, R., & Bélanger, R. R., 2023. Progress and Challenges in Elucidating the Functional Role of Effectors in the Soybean-*Phytophthora sojae* Interaction. *Journal of Fungi*, 9(1), 12.
- McDonald, S. C., Buck, J., Song, Q., & Li, Z. 2023. Genome-wide association study reveals novel loci and a candidate gene for resistance to frogeye leaf spot (*Cercospora sojae*) in soybean. *Molecular Genetics and Genomics*, 1-14.
- Mengistu, A., Kelly, H. M., Read, Q. D., Ray, J. D., Bellaloui, N., & Schumacher, L. A., 2023. Charcoal Rot Severity and Soybean Yield Responses to Planting Date, Irrigation, and Genotypes. *Plant Disease*, 107(2), 413-421.
- Poti, T., Thitla, T., Imaiam, N., Arunothayanan, H., Dounsa-Ard, C., Kongtragoul, P., ... & Akimitsu, K. 2023. Isolates of *Colletotrichum truncatum* with Resistance to Multiple Fungicides from Soybean in Northern Thailand. *Plant Disease*, (ja).
- Sanfaçon, H., Wellink, J., Le Gall, O., Karasev, A., van Der Vlugt, R., & Wetzels, T. 2009. Secoviridae: A proposed family of plant viruses within the order *Picornavirales* that combines the families *Sequiviridae* and *Comoviridae*, the unassigned genera *Cheravirus* and *Sadwavirus*, and the proposed genus *Torradovirus*. *Archives of virology*, 154, 899-907.
- Scolin, L. B., Canteri, M. G., & Godoy, C. V. 2023. Optimizing action thresholds for improved control of soybean powdery mildew with fungicides. *Tropical Plant Pathology*, 48(2), 236-240.

BÖLÜM 12

CBS VE UZAKTAN ALGILAMANIN TARIMSAL ALANLARDA KULLANIMI

Doç. Dr. Halil GÜNEK¹

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü Kırşehir, Türkiye. halil.gunek@ahievran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-2005-2743

GİRİŞ

Bütün canlıların yaşaması için beslenmeleri gerekmektedir. Canlıların yaşaması hava, su ve besin maddelerine bağlıdır. Ancak besin zinciri bu üçlü döngü içinde bir seri olaylar oluşmakta ve bu olaylar mekansal ve zamansal değişiklikler göstermektedir. Ayrıca tarımsal alanlarının yanlış ve bilinçsiz kullanımı verimi düşürmektedir. Arazinin aşırı kullanımı ve erozyonlaşması verimin azalmasına neden olmaktadır. Bu olumsuzluklar dikkate alındığında tarımsal üretim için gerekli olan alanların önemi ve değeri artmaktadır. Bu tarımsal alanlarının korunması ve üretimin artırılması, her şeyden önce envanterin doğru bir şekilde kayıt altına alınmasını ve izlenmesini gerektirmektedir.

Tarım, dünyada en önemli konulardan biridir. Ülkede gıda güvenliğini sağlamak için en önemli sektördür. Ülkenin tarımla ilgili bilgilerin veri tabanını oluşturmak, gıda güvenliği sağlamak ve planlama yapmak için önemlidir. Tarımda gıda güvenliğini sağlamak ve planlama yapabilmek için ürünlerin istatistiklerin tutmak ve izlemek için Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi bilgi Sistemleri (CBS) kullanmak zorundayız.

Dünyanın nüfusu sürekli olarak artmakta, ancak üretim aynı oranda artmamaktadır. İhtiyaç açığı artmasına rağmen ekilebilir tarım alanlarının sınırlı kalması, bozulmuş topraklar, su kaynakların yetersizliği ve iklim değişikliği üretimin artışını sınırlamaktadır. Gıda üretimini sınırlayan bu zorluklar ve kısıtlamalar dikkate alındığında, harcama girdilerini, kaynak israfını azaltmak ve ürün verimini artırmak gerekir. Ayrıca ürünleri korumak, iyileştirmek için mahsul büyümesinin, sağlığının izlenmesi ve zamanında müdahaleler yapmaya son derecede ihtiyaç vardır (Ghosh vd., 2022). Tarımsal alanlarda üretim miktarın artırmanın yanında, ürün girdilerindeki masrafları azaltmak ve ürün sağlığının yetiştirme dönemi boyunca gelişimi ve sağlığını izlememiz gerekmektedir. Günümüzde gelişen CBS ve UA gibi sistemler tarım sektörüne büyük katkılar sağlamaktadır.

CBS, belirli bir amaç için mekansal verileri konumlandırma, sorgulama, farklı veri kaynaklarından aldığı verileri dönüştürme ve görüntülemenin yanı sıra, amacına uygun olarak verilerin toplanması, depolanması ve çıktı oluşturan araçlar içeren güçlü bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Burrough, 1998). Ayrıca, alansal olmayan (nokta) verileri enterpolasyon araçları ile nokta verileri tüm alanı temsil edecek şekilde raster

verilere dönüştürmektedir. Veri tabanında bulunan verileri çalışma amacımıza uygun açıklayıcı haritalara dönüştürmektedir. CBS tarım sektörünün ilişkili olduğu coğrafya, çevre bilimleri, doğal kaynaklar, ormancılık, gıda, imalat, bankacılık, sigortacılık ve sağlık hizmetlerini içeren çeşitli alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda tarımdaki kullanımı gelişen bileşenleri ile birlikte önemli bir artış görülmüştür. Tarımda mekânsal veriler veri tabanlarına işlendiği gibi, alansal veri toplayan donanımlı makinalar gelişmiştir. Bu olayların gerçekleşmesini Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) yardımıyla olmaktadır. CBS verileri ortak bir referans sistemine bağlı olduğundan, CBS'nin aynı verilerin farklı uygulamalar veya amaçlar için kullanılabilmesi ve başka veriler de getirip mevcut verilerle birleştirerek ortak bir çalışma gerçekleştirebilmemizdir (Gebeyehu, 2019). CBS bir sistem oluşturmaktadır. Ancak bu sistemin bileşenleri olarak tanımlayacağımız Global Positioning System (GPS) ve uydu görüntüleri bulunmaktadır. GPS mekanların bir referansa göre konumlandırılmasını sağlamaktadır. Uzaktan algılama sistemleri yardımıyla uydulardan alınan farklı çözünürlükteki uydu görüntülerinden tarım için doğru ve geniş alanların izlenmesi sağlanmaktadır. Bu metinde CBS ve uzaktan algılamanın tarımda genel olarak nasıl kullanıldığını kısaca vermeye çalışacağız.

2. CBS VE TEMEL ORTAKLARI

Günümüzde çeşitli alanlarda geniş bir kullanıma sahip olan CBS, verilerin mekansal olarak konumlandırılmasını sağlayan GPS, geniş alanlar izlenmesi ve bu alanlarla ilgi veri sağlayan uzaktan algılama ile güçlü ve etkili bir bütün oluşturmaktadır. Bu teknolojinin her biri, uygulamaların gerçekleştirilmesinde ayrı rol oynarlar. Öncelikle bu teknolojilerin kısa bir tanımı verildikten sonra CBS ve uzaktan algılamanın tarımdaki genel uygulamaları açıklanmıştır.

2.1. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

CBS, Dünya yüzeyindeki nesnelere ilgili verileri konumlandırmak, depolamak, kontrol etmek ve görüntülemek için kullanılan bir bilgisayar sistemidir. CBS, sokaklar, binalar ve bitki örtüsü gibi birçok farklı türde veriyi tek bir harita üzerinde gösterebilir. Bu, insanların olayları daha kolay ilişkilendirmesini, görmesini, analiz etmesini ve anlamasını sağlar (URL_1).

CBS, mekan verilerini konumla ilgili hem nicel hem de nitel bilgilerle birleştirerek haritalar ve çizelgeler aracılığıyla bilgileri görselleştirmemize, analiz etmemize ve raporlamamıza imkan tanır. Teknolojiyi kullanarak soruları yanıtlayabilir, ne olursa nasıl olur senaryoları yürütebilir ve sonuçları görselleştirebiliriz (URL-2). CBS, altyapı varlıklarını, doğal kaynakları ve herhangi bir nesneyi ihtiyaca göre yönetmek için kullanılan bir sistem olarak tanımlanır. CBS'de saklanan tesis ve varlık verilerini analiz etmek ve yönetmek daha kolay, tasarım, inşaat ve bakımı daha verimli ve karlı hale getirir.

Coğrafi bilgi sistemi (CBS), her türlü veriyi oluşturan, yöneten, analiz eden ve haritalandıran bir sistemdir. CBS, verileri bir haritaya bağlar, nesnelerin nerede olduğu ve bu nesnelerle ilgili her tür veriyi öznitelik tabloları konumla ilişkilendirmektedir. Ayrıca CBS, kullanıcının ihtiyaç duyduğu her türlü nesnenin sahip olduğu bilgisini, raster ve vektör formlarında haritalayan yazılım tabanlı bir sistemdir. CBS, farklı disiplinler için farklı şekillerde kullanılan haritalama ve analiz için bir temel sağlar. CBS, tarımdaki çok sayıda veriyi sistemli bir şekilde kullanarak, doğru karar verme ve planlama yapmamıza yardımcı olmaktadır. CBS, mekansal konumu kullanarak birçok farklı türde veri katmanını entegre eder. Bu verilerden, elektronik tablolara ve tablolara bağlı görüntüleri, özellikleri ile temel haritalar oluşturmaktadır. Bu şekilde elde edilen haritalar yorumlama ve analiz yapmamıza yardımcı olmaktadır (Acharya, 2018).

CBS, uzaktan algılama ile elde edilen görüntülerin kullanması ile tarımda geniş alanlardaki bitki gelişimi, bitki sağlığı ve ürünlerin izlenmesine yardımcı olmaktadır.

2.2 Uzaktan algılama (UA)

Yüksek çözünürlüklü (uzaysal, spektral ve zamansal) uyduların gelişmesi, tarımda ürün izleme, sulama yönetimi, besin uygulaması, hastalık ve haşere yönetimi ve verim tahmini gibi birçok alanda uzaktan algılama verimli şekilde kullanılmaktadır [Sishodia vd., 2020; Weiss vd., 2020]. GPS, GIS ve diğer araçlarla birlikte UA, tarımın hedeflerini gerçekleştirmek için kritik öneme sahiptir. Böylece, sahaya özgü verilerin belirlenmesinde ve izlenmesinde yardımcı olmaktadır. Geniş alanların gözlemleyebilmemize yardımcı olduğu için tarımda yönetimi ve planlamayı kolaylaştırmaktadır.

Tarımda ürünün büyümesini, sağlığını, hastalıklarını tespit edebilmek için kullandığımız çeşitli uydu görüntüleri ve bunları görünür yapan farklı indisler bulunmaktadır (Tablo 1). Bu indislerde genelde çözünürlüğü yüksek Landsat ve Sentinel 2 gibi uyduları kullanılmaktadır. Landsat uydusu yaklaşık 16 günde bir aynı sahadan görüntü almaktadır ve bu işlem uzun bir dönemi kapsamaktadır (Tablo 2). Uydu arşivinin uzun dönemi kapsamı geçmişle ilgili bilgileri edinmemize yardımcı olduğu için arazi değişimi belirlemek ve analiz yapmamıza yardımcı olmaktadır. Sentinel 2 uydusu ise 2015 yılında beri kullanılmaktadır. Uydunun tarama sıklığının beş gün gibi kısa olması ve çözünürlüğün yüksek olması güncel olarak değişimi takip etmemizi sağlamaktadır (Tablo 3). Bu görüntüler özellikle tabloda belirtilen indisler ve formüller ile kullanılmaktadır.

Tablo1. Tarım çalışmalarında kullanılan bazı indisler

No	Spektral bitki örtüsü indeksi	Formül	Sentinel 2de kullanımı	Landsat 4-7 de kullanımı	Landsat 8 - 9 da kullanımı	Referans
1	NDVI: Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi	NDVI= (NIR-RED)/(NIR+RED)	$(B8-B4)/(B8+B4)$	$(B4-B3)/(B4+B3)$	$(B5-B4)/(B5+B4)$	Rouse vd. 1974
2	NDWI=Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi	NDWI = (Yeşil - NIR)/(Yeşil + NIR)	$NDWI = (B3 - B8)/(B3 + B8)$	$NDWI = (B2 - B4)/(B2 + B4)$	$NDWI = (B3 - B5)/(B3 + B5)$	Gu vd. 2007
3	NDMI: Normalleştirilmiş Fark Nem İndeksi	NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)	$NDMI = (B08a - B11)/(B08a + B11)$	$NDMI = (B04 - B05) / (B04 + B05)$	$(B05 - B06) / (B05 + B06)$	Jackson vd. 2004 ; Chen vd.. 2005
4	SAVI=Toprak Ayrılmış Bitki Örtüsü İndeksi	$((NIR - R) / (NIR + RED + L)) * (1 + L)$	$SAVI = (B08 - B04) / (B08 + B04 + 0.428) * (1.428)$	$SAVI = ((B4 - B3) / (B4 + B3 + 0.5)) * (1.5).$	$SAVI = ((B5 - B4) / (B5 + B4 + 0.5)) * (1.5).$	Huete 1988
5	NDII= Normalleştirilmiş Fark Kızılötesi İndeksi	NDII= (RED-SWIR)/(RED+SWIR)	NDII= (B8 - B11)/(B8+B11)			Hardisk y vd. 1983
6	NMDI= Normalleştirilmiş Çok Bantlı Kuraklık İndeksi	NMDI= NIR-(SWIR1-SWIR2)/(NIR+(SWIR1+SWIR2)/	NMDI= B8-(B11-B12) / B8+(B11+B12)	NMDI= 4-(B5-B7) / B4+(B5+B7)	NMDI= B5-(B6-B7) / B5+(B6+B7)	Jiao, vd. 2016

Tablo 2. Landsat Uydu Görüntüsünün Bant özellikleri

Bant No	Landsat 8-9			Landsat 7			Landsat 4-5		
	Açıklama	Dalgaboyu	çözüm	Açıklama	Dalgaboyu	çözüm	Açıklama	Dalgaboyu	çözüm
1	Kıyı / Aerosol	0,433 ila 0,453 um	30 metre	Mavi	0.450 - 0.515	30	Mavi	0.450 - 0.515	30
2	Görünür mavi	0,450 ila 0,515 um	30 metre	Yeşil	0.525 - 0.605	30	Yeşil	0.525 - 0.605	30
3	Görünür yeşil	0,525 ila 0,600 um	30 metre	Kırmızı	0.630 - 0.690	30	Kırmızı	0.630 - 0.690	30
4	Görünür kırmızı	0,630 ila 0,680 um	30 metre	Yakın Kızılötesi VNIR	0.750 - 0.900	30	Yakın Kızılötesi VNIR	0.750 - 0.900	30
5	Yakın kızılötesi (VNIR)	0,845 ila 0,885 um	30 metre	Kısa dalga Kızılötesi SWIR 1	1.55 - 1.75	30	Kısa. dalga Kızılötesi SWIR1	1.55 - 1.75	30
6	Kısa dalga boylu kızılötesi SWIR1	1,56 ila 1,66 um	30 metre	Termal Kızılötesi	10.4 - 12.5	60	Termal Kızılötesi	10.4 - 12.5	60
7	Kısa dalga boylu kızılötesi SWIR2	2,10 – 2,30 mm	60 metre	Kısa dalga Kızılötesi SWIR 2	1.09 - 2.35	30	Kısa dalga Kızılötesi SWIR2	1.09 - 2.35	30
8	Pankromatik	0,50 ila 0,68 um	15 metre	Pankromatik	0.520 - 0.900	15			
9	Cirrus	1,36 ila 1,39 mm	30 metre						
10	Uzun dalga boylu kızılötesi TIRS1	10,3 – 11,3 mm	100 metre						
11	Uzun dalga boylu kızılötesi TIRS2	11,5 – 12,5 mm	100 metre						

Kaynak. (URL-3)

Tablo 3. Sentinel 2 Uydu Görüntüsünün Bant özellikleri

Bant No	Açıklama	Merkez Dalgaboyu	çözüm
B1	Ultra mavi (Kıyı ve Aerosol)	443 nm	60 m
B2	Mavi	490 nm	10 m
B3	Yeşil	560 nm	10 m
B4	Kırmızı	665 nm	10 m
B5	Görünür ve Yakın Kızılötesi (VNIR)	705 nm	20 m
B6	Görünür ve Yakın Kızılötesi (VNIR)	740 nm	20 m
B7	Görünür ve Yakın Kızılötesi (VNIR)	783 nm	20 m
B8	Görünür ve Yakın Kızılötesi (VNIR)	842 nm	10 m
B8a	Görünür ve Bitki örtüsü kırmızı	865 nm	20 m
B9	Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR)	940 nm	60 m
B10	Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR)	1375 nm	60 m
B11	Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR)	1610 nm	20 m
B12	Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR)	2190 nm	20 m

Kaynak. (URL-4)

3. CBS UYGULAMALARI

Tarımda dördüncü devrim olarak kabul edilen dijital tarımın başlangıcı, mekansal teknolojiler, sensörler, yapay zeka, robotik ve diğer araç ve teknolojilerdeki ilerlemeler sayesinde çiftçiliğin yapıma şeklini tamamen değiştirdi (Ghosh vd., 2022). Tarım arazilerindeki potansiyeli ve problemleri tam olarak belirlemek için tarımsal üretimde etkili olan tüm etmenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Tarımsal üretimde etkili olan faktörler CBS yardımıyla mekanla ilgili verilerin, görüntülü ve görüntüsüz olarak işlendiği için izlenme ve yönetilmesine büyük katkılar sağlamaktadır. CBS, bileşen araçları, analitik modülleri, uzaktan algılama ve GPS gibi ortak teknolojileri tarafından toplanan veriler, mahsul verimliliğini artırmak için veriye dayalı karar verme için bilgilerin sezgisel ve net görselleştirilmesini sağlar (Ghosh vd., 2022). CBS bir süredir tarımsal uygulamalar için kullanılırken son yıllarda teknolojik gelişmelere bağlı olarak uygulama sayısı hızla artmaktadır. Bazı uygulamaların bu yazıda kısaca vereceğiz.

3.1 Arazi uygunluğu

Ülkemizde tarıma uygun verimli topraklar miras yoluyla parçalanarak çok küçük parsellere dönüşmüştür. Bu parçalanmış küçük parsellerin bir kısmının atıl durumda olması ve yanlış kullanılması ile tarımsal verimlilikte büyük kayıplar yaşamaktayız. Ancak artan nüfusun beslenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, doğal kaynakların kullanımını üst düzeye

çıkarmak gerekir. CBS, üretim için uygun alanların belirlenmesine iyi bir platform sağlar. Araştırmacılar arasında kullanılan en yaygın CBS uygulamaları çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımları bulunmaktadır. Araştırmacılar toprak tipi, dağılımı, toprak doku haritası, yeraltı su seviyesi dağılımı, toprak verimliliği dağılımı, toprak kirliliği dağılımı, toprağın hidrolojik iletkenliği, eğim gibi özellikleri CBS kullanarak analiz yaparlar (Ghosh vd., 2022).

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesinin Pilot Tarım ve jeotermal projesi kapsamında yürütmekte olduğu Ceviz Odaklı Kalkınma ve Gelişimi Projesi için Kırşehir’de ceviz yetiştiriciliğine uygun alanların belirlenmesi AHP ile değerlendirildi. AHP, orijinal olarak 1960'larda Prof. Thomas L. Saaty tarafından karmaşık mekansal problemlerin çözümü için geliştirilen ÇKKV yöntemlerinden biridir. Bu modelde girdi özelliklerinin değişen ağırlıkları çıktı üzerinde duyarlılığını belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu değerlendirmenin yapılması için öncelikle ceviz yetişmesi için gerekli olan şartlar, toprak özellikleri, iklim ve topoğrafya özellikleri ana başlıkları altında bir temel sınıflandırma ile işlem başlatılmaktadır. Uygun değerlendirme kriterlerinin seçilmesinde uzman görüşü büyük önemini taşımaktadır. Daha sonra bu özellikler ceviz yetiştiriciliği için gerekli kriterler teker teker incelenerek CBS ortamında haritalanıp, öznel tablolara oluşturuldu.

Sahanın büyük toprak gurupları, toprak derinliği, arazi kullanım kabiliyet sınıfları ve toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri CBS ortamına aktarıldı. İklim özelliklerinde ise vejetasyon evreleri, nem, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, soğuklama ve yağış verileri öncelikle değerlendirilmiştir. Bu verilerde CBS ortamına aktarılarak noktasal girdiler enterpolasyon metotları ile dönüştürülerek alansal haritalar oluşturuldu. Topografik özellikleri 12,5 m. Çözünürlükteki digital elevation model (DEM) verilerinden eğim, yükseklik basamakları ve bakı özellikleri üretilmiştir.

Yapılan çalışmada uygulanan AHP ile değerlendirmede tekniğin uygulanma süreci, kriterlerin belirlenmesi, ikili karşılaştırma matrisini oluşturulması, ağırlıkların değerlerinin hesaplanması, puanın belirlenmesi, ağırlıklı bindirme analizi ve doğruluk değerlendirmesi gibi altı adımda tamamlanmaktadır.

Kriterlerin belirlenmesi; bu aşamada karar için gerekli olan ölçütler belirlenerek, ölçüt öncelikleri tespit edilir. Bu çalışma için uzman görüşleri de dikkate alınarak öncelikle yükseklik basamakları, eğim, bakı, ana kaya, büyük toprak grupları, arazi kullanımı, toprak derinliği, vejetasyon başlangıç dönemi, soğuklanma ve yağış kriterleri esas alınmıştır.

İkili karşılaştırma matrisini oluşturmak; AHP uygulaması, iki kriter arasında karar vermeye ve tüm parametre listesini oluşturmaya dayanmaktadır (Saaty, 1997). Karar seçenekleri her bir ölçüte göre ayrı ayrı korelasyon analizleri dikkate alınarak karşılaştırılır. Bu aşamada, 1 ile 9 arasında değerler alan bir önem derecesi ölçeği kullanılarak, önce temel karşılaştırıldığı matrisler oluşturulur. Bu yöntemin avantajı, tüm alternatiflerin korelasyon analizlerine dahil edilmesidir (Rabia vd., 2013). Değerler, kriterin gücünü ve baskınlığını gösterir.

Ağırlıkların hesaplanması; kriter ağırlıklarının değerlerinin hesaplanması için ikili karşılaştırma matrisi kullanılmaktadır (Zolekar vd., 2015). Öncelikle ikili matrislerden elde edilen değerler kullanılarak matris tablomuz oluşturulur. Matristeki her eleman kendi sütun toplamına bölünerek, normalize edilir. Normalize edilmiş matrisin her bir sütun toplamı 1 olur. Daha sonra öncelikli vektör hesaplanır ve bu ağırlıklar, öncelik vektörünü oluşturur. Bu hesaplamalar sonucunda kriterlerin birbirine göre önem değerlerini gösteren yüzde dağılımları elde edilir. Bu değerlerin tutarlığı hesaplanır. Şayet tutarlık oranı yeterli ise uygulamaya geçilmektedir.

Kriterler için kullandığımız haritalar genellikle raster ve vektör olarak farklılıklar göstermektedirler. Çakıştırma yapılacak kriterler genellikle rastere dönüştürülür. Bu haritaların hücre boyutlar ve koordinat sistemlerin aynı olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca, ağırlıkların tahmin değerleri, CBS’de ağırlıklı bindirme yüzdeye dönüştürülür. Bu dönüşüm işlemi değerlendirmeye alınan tüm haritalar için yapılmaktadır. Dönüşüm yapılırken öncelikle çıktı haritamızda vermek istediğimiz sınıf belirlenir. Çalışmada ceviz yetişmesine uygun alanlar, özellikle iklim açısından riskli olmasından dolayı. Az riskli alanlar, orta derecede riskli alanlar, çok riskli alanlar ve uygun olmayan alanlar gibi dört grupta sınıflandırma yapılmıştır. Sonuçlar arazide kontrol edildiğinde doğruluk payının çok yüksek olduğu görülmüştür.

Zolekar ve Bhagat (2015), engebeli bölgelerdeki tarımsal uygulamaların değerlendirilmesi için girdi olarak IRS P6 LISS-IV görüntüleri

ile CBS tabanlı Çok kriterli karar verme (MCDM) modelini kullanmışlardır. Eğim, arazi kullanımı – arazi örtüsü, derinlik, doku, nem ve organik karbon (OC) gibi etkili kriterlerin sıralaması, korelasyon analizi ve bilimsel literatürden alınan önerilerle belirlenmiştir. Ayrıca, uzaktan algılama ve CBS'nin birlikte kullanılmasının, arazi uygunluk değerlendirmesi için çok önemli değerler sağladığını belirtmektedir.

Zabihi H, Ahmad A, Vogeler I,Said (2015) Analitik Ağ Süreci (ANP) modeli, kullanarak narenciye yetişmesine uygun alanların belirlenmesi için kullanmış ve olumlu sonuçlar aldıklarını belirtmektedirler. Mendas A, Delali A. (2012) yazarlar CBS tabanlı karar sistemlerinin verileri geleneksel bilgiden daha yoğun ve doğru bir şekilde uygulandığı için, arazinin üretkenliğini artırabileceğini ifade etmektedir. Zhang J, Su Y, Wu J, Liang H. (2015) Azalan arazi ve doğal kaynaklar bulanık küme modeli, AHP ve GIS, gibi teknolojilerin kullanılması ile gıda üretiminin artacağını ifade etmektedirler.

3.2. Arazi kullanım planlaması

Tarımla ilgili yapılması gerekli olan karar verme ve geleceği planlamak için, alanla ilgili verilerin yeterli yoğunluk ve doğrulukta olması gerekmektedir. Artan nüfus ve artan sosyo-ekonomik sonuçlar arazi kullanımında/arazi örtüsünde plansız ve kontrolsüz değişimler. Arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiklikleri genellikle, sel, toprak kayması vb. gibi ciddi çevre sorunlarına yol açan tarım, mera ve orman arazilerinin yanlış yönetilmesinden kaynaklanır(Reis, 2008).Günümüzde tarımda yoğun bir şekilde veri tabanları oluşturulmaktadır. CBS ile veri tabanlarında faydalanarak kısa sürede detaylı planlamalar yapılabilir. Ayrıca, yapılan işlemlerin görselleştirilmesi, analizlerinin yapılması uygulanabilirliği ile ilgili fikir sahip olmamızı sağlamaktadır. CBS, arazinin mekansal özellikleri ile öznelik verilerini birlikte içerdiğinden çalışmalar için büyük öneme sahiptir.

3.3. Arazı kullanımının zamansal değişimi

CBS kullanılarak geniş alanların farklı zamanlardaki arazi kullanımları, amaca yönelik olarak detaylı veya genel sınıflandırılmaları yapılmaktadır. Uydu görüntüleri kullanılarak yapılan arazi sınıflandırmaları farklı dönemleri içerdikleri için arazi kullanımında meydana gelen değişiklikleri kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Uydu görüntüleri kontrolü ve kontrolsüz olmak üzere iki şekilde sınıflandırmaktadır. Kontrolü sınıflandırma nesne tabanlı olduğu

için bilinen nesnelere hareket edilerek yapılmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmalarda ayrıca amaç dışı kullanım alanları detaylı bir şekilde tespit edilmektedir. Aslında tarımda amaç dışı olarak görülmemesine rağmen uygun olmayan ürünlerin ekilmesi veya iklimsel olarak yenişmesine rağmen vejetasyon döneminde veya kışın düşük sıcaklıklardan dolayı kayıp ettiğimiz ürünlerinde yanlış arazi kullanımı içinde kabul etmeliyiz. Bu gibi olumsuzlukların önüne geçmek için CBS yetiştirme ortamının yanı sıra iklim alınımları minimum ve maksimum değerlerinin yeri ve zamanını dikkate alarak yapmış olduğu değerlendirmelerle o bölge için uygun olan çeşidi seçmemizde yardımcı olmaktadır.

Ayrıca veri tabanları olarak kullandığımız özellikle çiftçi kayıt sistemi (ÇKS) ile mikro arazi kullanımının yıllık olarak oluşturulabilir. Ülkemizde tarlaların küçük parseller olması, işletmelerin çok küçük olması dijital tarıma geçmeyi imkansız kılmaktadır. Şayet ÇKS olumlu bir şekilde çalıştırılabilirse işletme bazında imkansız görülen dijital tarım, kurumsal olarak dijital tarıma belli alanlarda kolaylıkla geçebiliriz.

4. UZAKTAN ALGILAMA UYGULAMALARI

Yüksek çözünürlüklü (uzaysal, spektral ve zamansal) uyduların gelişmesi, tarımda ürün izleme, sulama yönetimi, besin uygulaması, hastalık ve haşere yönetimi ve verim tahmini dahil olmak üzere birçok alanda uzaktan algılama verimli şekilde kullanılmaktadır. Uydu görüntülerinin kullanımı bantların oranlaması ile yapılan endeksler yardımıyla olmaktadır. Bitki örtüsü endeksleri, ürün sağlığını, verim potansiyelini ve bilinçli çiftlik yönetimi kararlarını yönlendiren tarım araçlarıdır. Doğru bitki indeksini seçmek, doğru sonuçlar için hayati önem taşır ancak elde edilen görüntü ve çevre özellikleri, doğruluk oranını artırıp veya azaltabilmektedir.

Işık nesnelere görünmesini sağlamaktadır. Gördüğümüz nesnelere, elektromanyetik spektrumdan gelen ışık dalgalarının bir yansımasıdır. Görünür dalga boyları bize renk olarak görünür, ancak diğer ışık dalga boyları yalnızca kameralar, uydulardan, dronlardan ve yer tabanlı cihazlardaki sensörler tarafından algılanabilir (URL-5).

4.1. NDVI: Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

NDVI, en yaygın kullanılan uzaktan algılama endekslerinden biridir. NDVI, uyduların algılayıcılar tarafından yakaladığı bitki örtüsünü yeşilliğini ve yoğunluğunu değeridir. Diğer bir ifade ile NDVI, bitkinin belirli frekanslarda ışığı nasıl yansıttığına bağlı olarak bitki sağlığı durumunun göstergesidir. Sağlıklı bitki örtüsü, görünür kırmızı ve yakın kızılötesi olmak üzere iki bant arasındaki farkı hesaplayarak yararlanabileceğimiz çok karakteristik bir spektral yansıtma eğrisine sahiptir. NDVI, -1 ile 1 arasında değişen bir sayı olarak ifade edilen farktır. Sağlıklı bitkiler görünür kırmızı ışığı güçlü bir şekilde emer ve yakın kızılötesi ışığı güçlü bir şekilde yansıtır. Bitki susuz kaldığında, hastalandığında, hastalığa yakalandığında vb. süngerimsi tabaka bozulur ve bitki yakın kızılötesi ışığı yansıtmak yerine daha çok emer. Bu nedenle, bitki sağlığı incelenirken kırmızı ışıktan, yakın kızılötesi nasıl değiştiği daha belirleyici olmaktadır.

NDVI ile ilgili dikkat etmemiz gereken bazı sınırlamalar bulunmaktadır. Yaprak pigmentlerinin miktarı kritik bir noktaya ulaştığında, bazen “doyma” olarak adlandırılan bir olgu meydana gelir ve böylece NDVI'nın duyarlılığı azalır. Yani, yakın kızılötesi değeri büyümeye devam eder, ancak kırmızı değeri aynı kalır. Böylece, NDVI değerleri mahsul sağlığının belirlemede daha az güvenilir gösterge haline gelir.

NDVI, şu denklemle hesaplanır:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

NIR–yakın kızılötesi spektrumda yansıyan ışık

RED – spektrumun kırmızı aralığında yansıyan ışık

Bu formüle göre, görüntünün belirli bir noktasındaki bitki yoğunluğu NDVI, kırmızı ve kızılötesi aralıkta yansıyan ışığın yoğunlukları arasındaki farkın bu yoğunlukların toplamına bölünmesine eşittir. NDVI -1.0 ile 1.0 arasında değerler almaktadır. Negatif değerler çoğunlukla bulutlardan, sudan ve kardan, sıfıra yakın değerler ise öncelikle kayalardan ve çıplak topraktan oluşur. 0,1 veya daha az, boş kaya, kum veya kar alanları, 0,2'den 0,3'e kadar çalılırları ve çayırları temsil ederken, 0,6'dan 0,8'e kadar ılıman ve tropik ormanları gösterir. Bu değerlendirmeden faydalanarak değerlendirilen sahanın bitki yoğunluğunun dağılışını sınıflandırabiliriz.

Bir ürünün düzenli aralıklarla NDVI değerinin hesaplanması, aynı zamanda periyodik olarak yapılması üründe meydana gelen değişiklikler takip etmemizi sağlamaktadır. Yani NDVI değerlerini bitki sağlığı, gelişimi, su stresi ve kuraklık belirlemek için kullanabiliriz.

4.2. Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI)

NDWI, uydu görüntülerinden faydalanarak açık su özelliklerini bulmak için kullanılır ve bir su kütesini toprak ve bitki örtüsünden ayırmak işlemi için kullanılır. Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi, nem içeriğini ölçtüğü için genellikle Normalleştirilmiş Fark Nem İndeksi (NDMI) ile karşılaştırılır. Aslında, ikisinin nasıl hesaplandığı tabloda formül olarak verilmiştir. Nasıl ve ne için kullanıldığı konusunda metinde anlatılınca büyük bir farkın olduğu daha net anlaşılacaktır. NDWI, su kütlelerinin su içeriğindeki ince değişiklikleri algılamasına olanak tanıyan YEŞİL-NIR (görünür yeşil ve yakın kızılötesi) kombinasyonu kullanılarak hesaplanır. Su kütlelerini tesbit etmek için yoğun olarak kullanılmaktadır. Özellikle baraj ve gölet yüzeylerin su kütlelerinin yıllık ve yıllar arasındaki değişimler için yoğun olarak kullanılmaktadır. Su yüzeylerin olduğundan fazla göstermektedir. ancak eşik değerleri doğru belirleyince gerçek alanları yaklaşmamız mümkün olmaktadır

NDWI denklemi şöyle görünür:

$$NDWI = (Yeşil - NIR)/(Yeşil + NIR)$$

Görünür yeşil dalga boyları, su yüzeyinin en yüksek oranda yansıtarken, yakın kızılötesi dalga boyları, karasal bitki örtüsünün ve toprak özelliklerinin yüksek oranda yansıtmaktadır.

NDWI değerleri -1 ile 1 arasında yer almakta olup, su özellikleri için pozitif değerler, toprak ve karasal bitki örtüsü negatif değerler almaktadır. Su kütlelerinin değerleri 0,5'ten büyüktür. Bitki örtüsü çok daha küçük değerlere sahiptir, bu da bitki örtüsünün su kütlelerinden daha kolay ayırt edilmesini sağlar. NDWI değerleri genellikle şöyle sınıflandırılmaktadır.

0,2 – 1 – Su yüzeyi,

0,0 – 0,2, Taşkın, nem,

-0,3 – 0,0 – Orta derecede kuraklık, susuz yüzeyler,

-1 – -0,3 – Kuraklık, susuz yüzeyler aralıklara karşılık gelir:

NDWI su kütlesini belirlemek, haritalamak ve su kütlelerinin alansal değişiklikleri izlemek için, yoğun olarak kullanılmaktadır. Su kütlelerindeki değişim alansal olarak haritalandığı gibi değişimin zamansal olarak grafiklerle vermekte mümkün olmaktadır.

4.3. Normalleştirilmiş Fark Nem İndeksi (NDMI)

NDMI, yakın kızılötesi (NIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) spektral bantların bir oranlaması kullanarak bitki örtüsündeki nem durumunu belirler. Bitkilerdeki su stresini belirlemek için yoğun olarak, güvenli bir şekilde kullanılmaktadır.

Şiddetli kuraklık, sadece bitkileri strese sokmakla kalmaz aynı zamanda tüm veriminde elden çıkmasına sebep olabilir. NDMI, ile ürünün takip edilmesi ve olaya müdahale edilerek ürünün elden çıkması önlenabilir. Ayrıca, özellikle sulu tarımın yapıldığı alanlarda ürünün suya ihtiyaç duyduğu dönem ve sıklığı planlamak mümkündür.

NDMI, yakın kızılötesi (NIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) yansıtma kullanılarak hesaplanır:

$$\text{NDMI} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$$

Bu indiste atmosferin etkisini azaltmak için NIR ve SWIR bantları seçilmektedir. Kısa dalga kızılötesi spektral kanal (SWIR), bitki su içeriğine ve yaprakların mezofil yapısına duyarlıdır. Öte yandan, yakın kızılötesi bant (NIR), yaprak içyapısından ve yaprak kuru madde içeriğinden gelen parlak yansımayı alır. Bu nedenle, bitki su içeriğine ilişkin verilerin doğruluğu artmaktadır. Aynı zamanda iyi bir ormansızlaşma göstergesidir.

NDMI, -1 ile 1 arasında değerler almakta olup, su stresi, -1'e yaklaşan negatif değerlerle belirtilirken, +1 su basmasını gösterir. Bu nedenle, aradaki değerlerin karşılıklarını şöyle sıralayabiliriz.

-1 – -0,8 Çıplak toprak,

-0,8 – -0,6 Kanopi örtüsü neredeyse yok,

-0,6 – -0,4 Çok düşük kanopi örtüsü,

-0,4 – -0,2 Düşük gölgelik örtüsü, kuru veya çok düşük gölgelik örtüsü, ıslak,

-0,2 – 0 Orta-düşük kanopi örtüsü, yüksek su stresi veya düşük kanopi örtüsü, düşük su stresi,

0 – 0,2 Ortalama gölgelik örtüsü, yüksek su stresi veya orta-düşük gölgelik örtüsü, düşük su stresi,

0,2 – 0,4 Orta-yüksek kanopi örtüsü, yüksek su stresi veya ortalama kanopi örtüsü, düşük su stresi,

0,4 – 0,6 Yüksek kanopi örtüsü, su stresi yok,

0,6 – 0,8 Çok yüksek kanopi örtüsü, su stresi yok,

0,8 – 1 Toplam kanopi örtüsü, su stresi/su basması yok

NDMI değerleri vejetasyon süresi boyunca sürekli olarak değişmektedir. NDMI ve NDVI birbirine yakın değerlere sahiptirler ve aralarında yakın bir ilişki vardır. NDMI değerleri ile belirtilen su stresi, NDVI' değerinden daha düşük değerler göstermektedir. Genellikle ürünlerdeki su stresi durumunu izlemek için kullanılır. Ayrıca su stresinin haritalanması ve zamansal değişimi grafiklerle belirtilebilmektedir.

4.4.Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI):

Kırmızı ve yakın kızılötesi (NIR) dalga boylarını içeren spektral bitki indekslerinden toprak parlaklığı etkilerini en aza indirmek için bir dönüşüm tekniği sunulmuştur (Huete,1988). SAVI, bitki örtüsünün düşük olduğu alanlarda toprak parlaklığının etkisi için Normalleştirilmiş NDVI düzeltmek için kullanılır. Uyduların yüzey yansımından türetilen SAVI, çoğu arazi örtüsü tipini belirtmek için (Tablo 1) de verilen toprak parlaklık düzeltme faktörü (L) ile RED ve NIR değerleri arasındaki oran olarak hesaplanır (USGS, 2019).

- SAVI formülü = $((NIR - R) / (NIR + R + L)) * (1 + L)$

Bitki örtüsünün az olduğu yerlerde, SAVI, toprak parlaklığının etkisi nedeniyle, NDVI telafi etmek için kullanılır. Bir toprak parlaklığı ayarlama faktörü kullanan SAVI, toprak parlaklığı etkilerini azaltmaya çalışır. -1.0 ile 1.0 arasında değerler üretir. SAVI, bitki örtüsünün az olduğu kurak yerlerde yaygın olarak kullanılır.

4.5. Normalleştirilmiş Fark Kızılötesi İndeksi (NDII)

Bu indeks, Sentinel-2 için B08 ve B11 bantlarına karşılık gelen 819/1600 nm dalga boylarının normalleştirilmiş bir fark formülasyonu indeksini kullanır. Bitki örtüsünün su içeriğindeki değişikliklere duyarlı bir yansıma ölçümüdür. İndeks değerleri artan su içeriği ile doğru oranda artmaktadır. NDII uygulamaları, tarımsal mahsul yönetimini, orman gölgelik izlemesini ve stresli bitki örtüsü tespitini içerir. Bu indeksin değerleri -1 ile 1 arasındadır. Yeşil bitki örtüsü için ortak aralık 0,02 ile 0,6 değerleri arasındadır.

4.5. Normalleştirilmiş Çok Bantlı Kuraklık İndeksi (NMDI)

Bu indeks, potansiyel kuraklık koşullarını izlemek için toprak nemini de dikkate almaktadır. Toprak ve bitki örtüsü nemindeki değişikliklere benzersiz tepkileri nedeniyle üç bant kullanılarak uygulanmaktadır. İndeks, biri NIR, diğer ikisi SWIR1 1640 nm ve SWIR2 2130 nm olmak üzere üç dalga boyu ile oluşturulmaktadır. Kısa dalga kızılötesi bölgedeki (1640 ve 2130 nm) iki bantın sıvı-su emmesi arasındaki farkı, bitki örtüsü ve toprakta su hassasiyetinin bir ölçüsü olarak kullanır (Wang vd. 2007, Tablo 1). Bu indeks aynı zamanda orman yangınlarının tespitinde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Toprak nemi arttıkça indeks değerleri azalır. İndeks değerleri kuru toprak için 0,7 ile 1, orta nemli toprak için 0,6 ile 0,7 ve ıslak toprak için 0,6'dan küçüktür. Tek bant kullanılan NDWI veya NDII yerine, iki bantlı NMDI kullanmak daha olumlu sonuçlar vermektedir. Oldukça yeni uygulanmaya başlanan bir indis olmasına rağmen yoğun olarak kullanılmaktadır.

6. SONUÇ

Tarım çok geniş alanlarda yapılmaktadır. Bu alanların etkin bir şekilde planlama ve kontrolü için uzaktan algılama ve GIS gibi teknolojilerin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Uygulamacılar, tarım alanı ile ilgili veriler ve istatistikî bilgilere her an ulaşabildikleri için planlamalarını kolaylaştırmaktadır. Tarımda elde edilen ürün geliri işlenmiş ürünlere göre oldukça düşüktür. CBS ve Uzaktan algılama kullanılmadan yapılan tarımsal faaliyetlerinin maliyeti artmakta olup, ürün gelişimini ve sağlığını takip

etmekte her zaman mümkün olmamaktadır. Ülkemizde kullanılmakta olan ÇKS tarım alanı ile ilgili bilgiler her yıl yenilenerek kayıt altına alınmaktadır. Ürün destekleri için ödenen miktarlar farklı olması, genellikle kontroller araziye gidilerek yapılmaktadır. Bu şekilde yapılan denetimler büyük miktarda para ve insan gücüne mal olmaktadır. Oysa CBS veri tabanında işlenen ÇKS üzerinden yıllık ekilen ürün tiplerine göre sınıflandırılması yapılmalı. Ürün tipine göre sınıflandırılmış bu veriler aynı zamanda yetiştirme dönemi boyunca ürün takibimizin uzaktan algılama ile yapılmasını sağlayacaktır. Gelişmiş olan yüksek çözünürlüklü ve kısa aralıklarla görüntü sağlayan uydu görüntüleri kullanarak, ekilen ürünü, ürün gelişimini ve sağlığını takip etmemiz mümkün olmaktadır. ÇKS ile yapılan ürün tipine göre sınıflama hem uydu görüntülerini sınıflandırmamıza hem de desteklenecek ürünlerin ekilip ekilmediğini kontrol etmemize yardımcı olacaktır. Ayrıca gelişmiş olan indisler yardımıyla bitkilerin gelişmesi, su stresi ve hastalıkları takip edilebilmektedir. Sulu tarımın yapıldığı alanlarda bitkileri su ihtiyacı ve sulama sıklıkları belirlenerek su tasarrufu yapılabilir. Bu teknolojiler kullanılarak çok geniş alanları daha az maliyet ve insan gücü ile daha doğru ve verimli olarak tarımda işletmecilik yapabiliriz.

KAYNAKÇA

- Acharya S.M, Pawar S.S, Wable N.B, 2018 International Journal of Advanced Engineering Research and Science, (*IJAERS*), [Vol-5, Issue-4, Apr-2018], ISSN: 2349-6495(P) / 2456-1908(O) <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.5.4.10>
- AH Rabia , F. Terrible Introducing a new parametric concept for land suitability assessment Int. J. Environment. Developing science. , 4 (1) (2013), p. 15 – 19
- Burrough PA, McDonnell RA. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford: Oxford University -Press; 1998
- E.P. Glenn, A.R. Huete, P.L. Nagler, S.G. Nelson Relationship between remotely-sensed vegetation indices, canopy attributes and plant physiological processes: What vegetation indices can and cannot tell us about the landscape *Sensors*, 8 (4) (2008), pp. 2136-2160
- Gebeyehu MN. Remote sensing and GIS application in agriculture and natural resource management. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*. 2019;19(2):45-49
- Ghosh P., and Kumpatla Siva P. 2022. *GIS Applications in Agriculture*. Geographic Information Systems and Applications in Coastal Studies. DOI: 10.5772/intechopen.104786
- J. Tang, D. Xiao, J. Wang, Q. Fang, J. Zhang, H. Bai, *Optimizing water and nitrogen managements for potato production in the agro-pastoral ecotone in North China*, *Agric. Water Manage.*, 253 (2021), 10.1016/j.agwat. 2021.106857 Glenn et al., 2008
- J.W. Rouse, R.H. Haas, D.W. Deering, J.A. Schell, J.C. Harlan Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation NASA/GSFC Type III Final Report, Greenbelt, Md (1974),
- Jiao, W., Zhang, L., Chang, Q., Fu, D., Cen, Y. and Tong, Q. 2016 Evaluating an Enhanced Vegetation Condition Index (VCI) Based on VIUPD for Drought Monitoring in the Continental United States. *Remote Sensing*, 8 (3), 224

- Melkamu Demelash Beyen, The Role of Remote sensing and GIS in Agriculture, IEEE-SEM, Volume 10, Issue 3, March-2022 SSN 2320-9151
- Mendas A, Delali A. Integration of MultiCriteria Decision Analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: Application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2012;83:117-126
- Parmita Ghosh and Siva P. Kumpatla, GIS Applications in Agriculture, Geographic Information Systems and Applications in Coastal Studies, DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.104786>
- Reis S (2008) Rize, Kuzey-Doğu Türkiye'de Uzaktan Algılama ve CBS Kullanarak Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişikliklerinin Analizi. *Sensörler* 8(10): 6188-6202
- Sishodia RP, Ray RL, Singh SK. Applications of remote sensing in precision agriculture: A review. *Remote Sensing*. 2020;12(19):3136
- TL Saaty Scaling method for priorities in hierarchical structures *J. Mathematics. Psychologist.* , 15 (1997), p. 234 – 281 Google Scholar
- Wang L, Qu J. J. NMDI: A normalized multi-band drought index for monitoring soil and vegetation moisture with satellite remote sensing, *Geophysical Research Letters*, Vol. 34, L20405, Doi:10.1029/2007gl031021, 2007
- Weiss M, Jacob F, Duveiller G. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. *Remote Sensing of Environment*. 2020;263: 111402
- Zabihi H, Ahmad A, Vogeler I, Said MN, Golmohammadi M, Golein B, et al. Land suitability procedure for sustainable citrus planning using the application of the analytical network process approach and GIS. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2015;117: 114-126
- Zhang J, Su Y, Wu J, Liang H. GIS based land suitability assessment for tobacco production using AHP and fuzzy set in Shandong province of China. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2015;114:202-211
- Zolekar RB, Bhagat VS. Multicriteria land suitability analysis for agriculture in hilly zone: Remote sensing and GIS approach. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2015;118: 300-321
- URL-1. <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview> (21.06.2023)

URL-2.<https://education.nationalgeographic.org/resource/geographic-information-system-gis/> (27.06.20239).

URL-3.<https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites> (01.07.2023)

URL-4..<https://gisgeography.com/sentinel-2-bands-combinations/> (01.07.2023)

URL-5.<https://solvi.ag/blog/which-vegetation-index-should-i-use/> (06.07.2023)

BÖLÜM 13

BADEM YAN ÜRÜNLERİNİN ÖZELLİKLERİ VE DEĞERLENDİRİLME OLANAKLARI

Dr. Öğrencisi Sevgi SÜMERLİ ÇAKMAK^{1*}
Dr. Öğr. Üyesi Adnan YAVIÇ²

^{1*} Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Van, Türkiye. sevgisumerli@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0002-9707-8810 (Sorumlu yazar)

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Van, Türkiye. adnanyavic@yyu.edu.tr Orcid ID: 00000-0003-2609-2815

GİRİŞ

Badem Rosales takımı, Rosaceae familyasının Prunoideae alt familyasının Amygdalus cinsi içinde yer alan bir türdür. Badem, Orta ve Batı Asya'nın dağlık bölgeleri olan anavatanında bulunur ve bu bölgelerden doğuya doğru Çin ve Hindistan'a, batıya doğru ise Kuzey İran, Suriye ve Akdeniz ülkelerine yayılmıştır. Bademin kuzey yarıkürede 30-44, güney yarıkürede ise 20-40 enlem dereceleri arasında yayıldığı bilinmektedir (Küden ve ark., 2000).

2021 yılında dünya badem üretiminde ABD, 2.2 milyon ton üretimle birinci sırada yer almaktadır. Aynı yılda İspanya, 365 bin ton üretimle ikinci sırada yer alırken, Avustralya 286 bin ton, Türkiye 178 bin ton ve İran 164 bin ton üretimle ABD'yi takip etmektedir (FAO, 2022).

Hızla artan nüfusla birlikte gıda üretiminde de önemli bir artış meydana gelmektedir, bu da nüfusun beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli hale gelmiştir. Ancak bu durum, gıda atıklarının ortaya çıkmasına ve bu atıkların nasıl yönetileceği sorununu gündeme getirmiştir. Sürdürülebilir bir gıda tedariki sağlamak için, gıda güvenliği standartlarına uygun olan ve gıda atıklarının üretimini en aza indiren küresel bir gıda sistemi uygulanması gerekmektedir.

Bu bağlamda, tarım sektörü alternatif gıda kaynakları arayışına yönelmektedir. Önerilen stratejilerden biri, endüstriyel süreçlerden elde edilen yan ürünlerin gıda bileşen kaynağı olarak kullanılmasıdır (Barreira ve ark., 2010). Bu ilginç uygulamalar, sürdürülebilir bir gıda sistemi oluşturarak gıda atıklarının daha etkin bir şekilde değerlendirilmesini sağlayabilir.

Badem, düşük şeker içeriği, yüksek protein seviyeleri, doymamış yağ asitleri, vitaminler ve minerallerin yanı sıra sağlığı iyileştiren fitokimyasallar gibi olağanüstü besin bileşenleri içerdiği için dünya genelinde en çok üretilen kuruyemişler arasında yer almaktadır (Taş ve Gökmen, 2017). Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO, 2022) verilerine göre, özellikle ABD, Avustralya ve İspanya, 2 milyon hektarın üzerinde bir alanda yılda yaklaşık 3 milyon ton badem üretimi gerçekleştirmektedir. Badem üretimi, meyvelerin yanı sıra normalde atılan birkaç yan ürünü de kapsamaktadır; sert kabuklar 0.8-1.8 milyon ton arasında ve yeşil badem kabukları ise 6 milyon tonun üzerinde bir miktarı oluşturmaktadır (Li ve ark., 2018). Sonuç olarak, badem yan ürünlerinin birikmesi, bu kalıntıların işlenmesi konusunda artan bir endişeye neden olmaktadır ve büyük ölçekli badem üretiminin ekonomik kârını ve çevresel

sürdürülebilirliğini artırmak için bu kalıntılara değer katmaya yönelik yeni çözümler gerekmektedir.

Son yıllarda, bitkisel atık yan ürünleri ciddi bir endişe kaynağı haline gelmiş ve döngüsel ekonomi ilkelerine dayalı atık değerlendirme uygulamaları büyük ilgi görmeye başlamıştır. Sert badem kabukları, toplam meyve ağırlığının yaklaşık %35-75'ini oluşturmaktadır (Pirayesh ve Khazaeian, 2012). Şu ana kadar, bu yan ürün hayvan yemi olarak kullanılmış, biyoyakıt üretiminde değerlendirilmiş, yakılarak enerji elde edilmiş veya çöplüklere dökülerek çevresel sorunlara yol açmıştır (Arshad ve ark., 2021). Biyolojik atık yakma işlemi, büyük miktarda sera gazı salınımına, özellikle metan gazına, yol açmaktadır. Bu gazlar, CO₂'ye kıyasla 30 kat daha fazla etkiye sahip olduğundan, küresel ısınma sürecini hızlandırmaktadır. Bu durumlar ayrıca, hava kirliliğine maruz kalan topluluklarda uzun vadeli sağlık etkilerine, toprak ve yeraltı sularının kirlenmesine neden olabilmektedir (Rudra ve ark., 2015).

Bu nedenlerle, badem yan ürünlerinin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ve değerlendirilmesi için yeni stratejilere ihtiyaç vardır. Bu stratejiler, hem çevresel etkileri azaltmayı hem de ekonomik fayda sağlamayı hedeflemelidir.

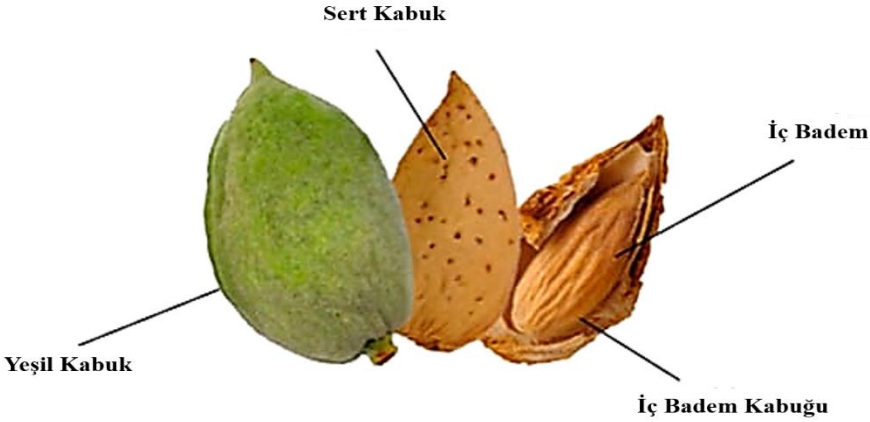
Yan ürünlerin etkin bir şekilde değerlendirilmesi için bir seçenek, sert badem kabuklarının çeşitli endüstriyel uygulamalar için kullanılmasıdır. Örneğin, bu kabuklar, biyokütle enerjisi üretiminde kullanılacak yakıt olarak kullanılabilir. Ayrıca, bu yan ürünler, çeşitli kimyasal bileşenlerin elde edilmesi için geri dönüştürülebilir. Örneğin, badem kabuklarından elde edilen fenolik bileşikler, antioksidan özellikleri nedeniyle gıda ve ilaç endüstrisinde kullanılacak değerli ürünlerdir (Pirayesh ve Khazaeian, 2012).

Bunun yanı sıra, badem yan ürünlerinin tarım alanlarında organik gübre olarak kullanılması da bir seçenektir. Bu, atık yönetiminin yanı sıra toprak verimliliğini artırma ve doğal kaynakların daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Yan ürünlerin geri dönüştürülmesi, toprak sağlığını koruyarak çevresel etkileri azaltabilir ve tarımsal üretimde sürdürülebilirliği artırabilir (Arshad ve ark., 2021).

Badem yan ürünlerinin etkin bir şekilde değerlendirilmesi, hem çevresel sürdürülebilirliği hem de ekonomik faydayı artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Daha ileri araştırmalar ve teknolojik gelişmeler, badem endüstrisinde yan ürünlerin kullanımı konusunda daha fazla potansiyel

sağlayabilir. Bu şekilde, badem üretiminin çevresel etkileri azaltılabilir, atık yönetimi iyileştirilebilir ve sürdürülebilir bir badem endüstrisi oluşturulabilir.

Badem içerisinde, tohumlar, kabuklar, yapraklar ve saplar gibi çeşitli bitkisel atıklarda önemli miktarlarda fitokimyasallar ve biyoaktif bileşikler bulunmaktadır (Rodriguez ve Raghavan, 2021). Bu biyoaktif bileşiklerin çevre dostu özellikleri, biyolojik olarak düşük maliyetle parçalanabilirlik, geri dönüştürülebilirlik gibi çeşitli avantajlarla birlikte, gıda işleme, gıda takviyesi, gıda ambalajı, kozmetik ve farmasötik uygulamalarda aktif katkı maddesi olarak kullanım için büyük potansiyel taşımaktadır (Valdes ve ark., 2015).



Badem, yüksek lipid içeriği sayesinde besleyici bir gıda olarak değerlendirilmekte olup, sağlığa birçok fayda sağlayan çeşitli biyoaktif bileşikler içermektedir. Gastronomide öne çıkan lezzeti ile bilinen bademler, beslenme uzmanları ve doktorlar tarafından tüketilmeleri önerilen antioksidanlar, biyoaktif moleküller ve besin maddeleri sağlamaktadır (Alasalvar ve ark., 2020; Esfahlan ve ark., 2010). Ayrıca, badem tüketiminin belirli oranlarda kardiyovasküler hastalıkların gelişimiyle ilişkili olan toplam kolesterol ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) seviyelerini düşürdüğü bildirilmektedir (Bartholomew ve ark., 2010). Birçok çalışma, badem tüketiminin sağlık açısından faydalarını ortaya koymuştur, ancak bademin tam anlamıyla sağladığı faydaların tam spektrumunu anlamak için daha fazla derinlemesine araştırmaya ihtiyaç vardır (Alasalvar ve ark., 2020).

Badem, meyvenin tam olgunlaşma döngüsü boyunca yenilebilir olan bölümdür. Mezokarp ve endokarp ise sadece olgunlaşmanın başlangıcında

yenilebilir. Bademin yapısal bileşenleri arasında yeşilimsi bir dış örtü, ara kabuk, kahverengimsi bir deri ve son olarak çekirdek veya yemiş olarak adlandırılan yenilebilir tohum bölümü bulunur (Esfahlan ve ark., 2010; Garrido ve ark., 2008).

Geçmişte, badem kabukları hayvan yemi olarak kullanılırken, geri kalan badem yan ürünleri yakıt olarak kullanılmaktaydı. Ancak badem yan ürünlerinin, yapraklar ve çiçekler de dahil olmak üzere, biyoaktif fitokimyasalların kaynağı olarak büyük ilgi gördüğü belirtilmektedir (Garrido ve ark., 2008). Badem kabuğu, diğer meyvelere kıyasla daha yüksek flavonoid içeriğine sahiptir. Bu yan ürün, olgunlaşma koşullarına bağlı olarak değişen biyomolekül konsantrasyonları sunabilen zengin bir triterpenoid kaynağı olarak betulinik, ursolik ve oleanoik asitler gibi flavonol glikozitler ve fenolik asitler içermektedir (Esfahlan ve ark., 2010).

Süt endüstrisi, ton başına 110 dolardan daha fazla ödeme yaparak badem kabuklarını yem diyetlerinin formülasyonunda ek bir bileşen kaynağı olarak kullanmaktadır (Aktaş ve ark., 2015). Dünya genelinde sert badem kabuğu üretimi yıllık olarak 0.8 ila 1.8 milyon ton arasında değişmektedir ve bu yan ürün yüksek oranda selüloz ve lignin içermektedir. Kabuklar, yüksek ısı değerlere sahip olmaları nedeniyle endüstriyel yakıt olarak tekrar kullanılabilir. Badem kabukları, örneğin, tanelerin haşlanması sürecinde suyu ısıtmak için ve diğer endüstrilerde kazan yakıtı olarak enerji üretimi için kullanılmaktadır (Comos ve Segura, 2019). Badem kabukları ayrıca çeşitli yapısal işlevlere de sahip olabilir. Örneğin, süt endüstrisinde kabuklar, hayvan yatağı malzemesinin bir bileşenini oluşturabilir ve aynı zamanda belirli metalleri cilalamak veya yünün doğal bir boyası olarak kullanılan sunta bileşiminin bir parçası olabilir (Aktaş ve ark., 2015). Bununla birlikte, son çalışmalar, seramik gövdelerde organik kaplamalar olarak, katkı maddeleri olarak veya topraksız tarımda bir substrat olarak da kullanılabilirliğini göstermiştir (Comos ve Segura, 2019).

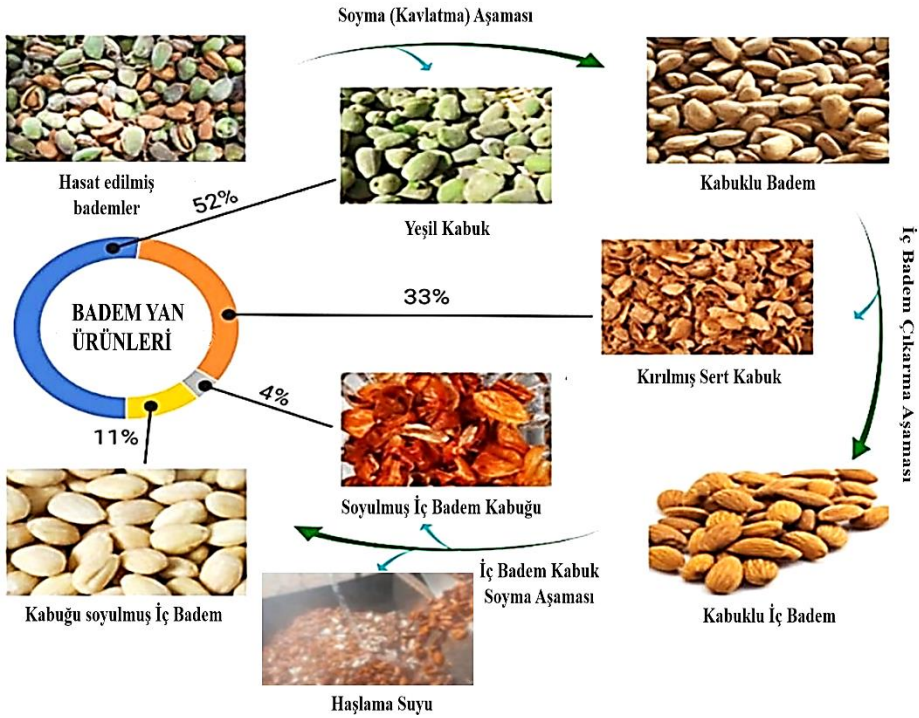
Badem kabukları, badem meyvesinin tümünde bulunan toplam fenollerin %70 ila %100'ünü içermektedir. Birçok çalışma, badem kabuklarının kuersetin glikozitler, kaempferol, naringenin, kateşin, protokatekuik asit ve vanilik asit gibi birçok fenolik bileşiğe sahip olduğunu ve bu bileşiklerin faydalı fitokimyasal özellikler içerdiğini göstermiştir. Ayrıca, badem kabuklarından elde edilen polifenollerin C ve E vitaminleriyle birleştirildiğinde, LDL

oksidasyonuna karşı koruma sağladığı ve antioksidan savunmayı iyileştirdiği için sinerjistik etkilere sahip olduğu gösterilmiştir. Badem kabukları ayrıca triterpenoidlerin, özellikle betulinik asit, oleanoik asit ve ursolik asit gibi farklı miktarlarda, insan immün yetmezlik virüsü (HIV) ile mücadelede anti-enflamatuar, antikanser ve antiviral aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir (Esfahlan ve ark., 2010).

Bu nedenle, badem yan ürünleri şu anda atık yönetimi ve değerlendirme süreçlerinin odak noktasındadır. Badem yan ürünleri, çevresel etkilerini en aza indirerek birikmiş atık olmaktan çıkarak, potansiyel olarak yeniden değerlendirilen ürünlere veya bileşenlere dönüştürülebilir. Aslında, bu yan ürünlerin çoğu karakterize edilmiş ve dejeneratif ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde önemli bir rol oynayan fenolik bileşikler gibi çeşitli biyoaktif özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir (Esfahlan ve ark., 2010). Bu nedenle, bu meyvenin ve yan ürünlerinin fitokimyasal ve fizikokimyasal bileşimi hakkında daha derinlemesine çalışmalar, ilaç, kozmetik veya gıda endüstrilerinde potansiyel bir uygulama ile doğal ve fonksiyonel bileşenlerin geri kazanılmasına olanak sağlayarak yenilikçi ve sürdürülebilir katma değerli ürünlerin geliştirilmesine yardımcı olabilir (Esfahlan ve ark., 2010).

Badem Yan Ürünleri

Badem üretiminin artmasıyla birlikte, badem yan ürünlerinin miktarı da artmaktadır. Badem, sağlıklı yağlar, protein, lif, vitaminler ve mineraller açısından zengin bir kaynak olduğundan, badem yan ürünleri genellikle besleyici ve sağlıklı olarak kabul edilir. İç badem ile ilişkili diğer besinler, düşük miktarda basit şeker, çeşitli mineraller ve vitaminler ile birlikte yüksek lif ve nişasta içeren polisakkarit bir fraksiyonla temsil edilir ve aynı zamanda istisnai bir E vitamini (a-tokoferol) kaynağı oluştururlar (Roncero ve ark., 2020).



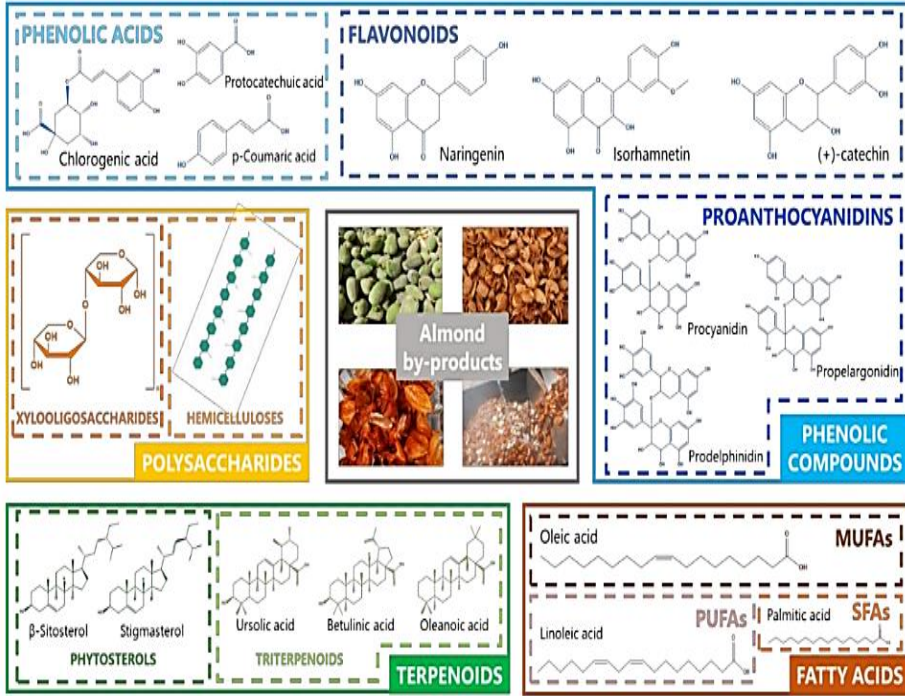
Şekil 1. Badem üretimi ve badem yan ürünlerinin üretimi sırasında geliştirilen genel iş akışı (Garcia-Perez ve ark., 2021).

Badem üretim sürecinin başında badem ağaçları budanır ve bu nedenle atık olarak görülen dallar ve yapraklar çevresel bir sorun oluşturur. Ne yazık ki, bu yan ürünlerin değerlendirilmesine çok az önem verilir. Sert kabuklu meyveler olgunlaştığında, hasat edilir ve iç badem elde etmek için ticari olarak kullanılan ana ürüne dönüşmek üzere çeşitli işlemlerden geçirilirler. Bu işlemlerin sonucunda badem yan ürünleri olarak adlandırılan ürünler ortaya çıkar (Thodberg ve ark., 2018).

Hasat edilen sert çekirdekli meyveler, ilk aşamada yeşil dış kabuğun kavrulmasıyla ortaya çıkan ve toplam kütleinin %52'sini oluşturan yeşil kabuktan oluşur. Daha sonra, kabuklu bademler sert kabuklarından ayrılma işlemine tabi tutularak, kabuklu iç badem elde edilir. Sert kabuklar, toplam meyvenin %33'ünü temsil eder. Son olarak, iç bademi saran deri kabukları (%4'ü temsil eden), sıcak suyla muamele edilerek çıkarılır ve ardından beyazlatma adımıyla işlenir (Gupta ve ark., 2020).

Bu şekilde badem üretimi sektöründe dört ana yan ürün elde edilir ve bu yan ürünler dikkat çekmektedir. Badem, yüksek protein (%16) ve lipid içeriğiyle besleyici bir gıda ve kuruyemiş olarak kabul edilir. İç badem, genellikle tekli doymamış yağ asitleri, çoklu doymamış yağ asitleri ve az miktarda doymuş yağ asitleri içerir (Gupta ve ark., 2020).

Badem kabukları, badem üretim sürecinde ortaya çıkan en ağır yan ürün olan badem meyvesinin meyve etini (mezokarp) ifade eder. Nem içeriğinin %8-20'si arasında olmaları, sert dokuları ve uzun süre çevresel etkilere maruz kalmaları nedeniyle beslenme amaçları için uygun değildir. Bademlerin sert kabukları ise badem meyvelerinin kalın endokarpında bulunan lignoselülozik tabakayı oluşturur. Bu kabuklar ağaç benzeri yapıları ve sınırlı endüstriyel kullanım potansiyelleri nedeniyle genellikle yakılır veya atık olarak değerlendirilir. İç bademi saran iç badem kabukları, İç badem kabukları ile birlikte tüketildiklerinde antioksidan ve antimikrobiyal savunmada önemli bir rol oynadıkları için biyoaktif bileşik içeriği açısından en ilgi çekici badem yan ürünüdür. Son zamanlarda, iç bademden elde edilen biyoaktif bileşiklerin kabuk soyma amacıyla yapılan haşlama sırasında suya geçtiği ve haşlama suyunun da özel olarak bertaraf edilmesi gereken bir endüstriyel atık olarak değerlendirildiği belirlenmiştir. Badem yan ürünlerinin farklı uygulamalar için yeniden değerlendirilmesi önerilmektedir. Bu uygulamalar arasında hayvan yemi, biyoyakıt üretimi ve aktif karbon formülasyonu gibi alanlar bulunmaktadır. Ayrıca, badem yan ürünlerinin fitokimyasal bileşimlerini karakterize ederek, gıda, ilaç ve kozmetik endüstrilerinde kullanılabilecek fonksiyonel içerik kaynakları olarak potansiyellerini araştırmak için beslenme perspektifinden çalışmalar yapılmıştır.



Şekil 2. Badem yan ürünlerinde bulunan temsili biyoaktif bileşikler (Garcia-Perez ve ark., 2021).

İç Badem Kabuğu (Tohum Kabuğu)

İç badem kabuğu veya tohum kabuğu, beyazlatma işleminden sonra çıkarılarak atılabilir. Badem kabuğunun yaklaşık bileşimi, beyazlatılmış badem ve iç badem kabuğu için sırasıyla toplam diyet lifi (%47.5 ve %45.1), çözünür diyet lifi (%2.7 ve %3.8), lipitler (%22.2 ve %24.2) ve proteinler (%12.8 ve %10.3) içermektedir. Bunun yanı sıra, kabuğun toplam badem ağırlığının sadece yaklaşık %4'ünü oluşturmasına ve çok düşük bir ekonomik değere sahip olmasına rağmen, son zamanlarda yapılan araştırmalar, kabuğun toplam fenolik bileşiklerin yaklaşık %60-80'ini içerdiğini göstermektedir. İç badem kabuğunda bulunan fenolik bileşiklerin, bu tür materyaller için yüksek radikal süpürme aktivite kapasitesi ve muhtemelen badem tüketimiyle ilişkili faydalı etkilerden önemli ölçüde sorumlu olduğuna dikkat etmek önemlidir.

İç badem, oksidasyon ve mikrobiyal kontaminasyondan korunan kahverengi derimsi bir zarla kaplı olan tohum kabuğu tarafından çevrelenmiştir. Badem, unlu mamuller, şekerleme ürünleri, tahıllar, çerez formülasyonları ve

pastalar gibi birçok gıdada bileşen olarak kullanılmaktadır. Bu gıdalara eklenen bademler, sadece iç badem kullanılarak tohum kabuğundan ayrılmış şekilde uygundur (Frison-Norrie ve Sporns, 2002). Badem (*P. amygdalus*) kabukları, badem işleme süreci sonucunda ortaya çıkan ve tarımsal yan ürünler olarak potansiyel fenolik bileşik kaynağı olan malzemelerdir. Sıcak suyla yapılan haşlama işleminden sonra elde edilen badem kabukları hayvan yemi rasyonlarında öğütülerek kullanılır veya işleme tesislerinde yakıt olarak kullanılır (Harrison ve Were, 2007). İç badem kabukları, badem meyvesinin yaklaşık %4'ünü oluşturur ve fenolik bileşiklerin kaynağı olarak görev yapar (Chen ve ark., 2005). Bu fenolik bileşikler, serbest radikalleri yakalayarak antioksidan enzimleri etkinleştirir, tokoferol radikallerini azaltır ve lipid oksidasyonuna neden olan enzimleri inhibe ederek lipid oksidasyonunu engeller (Heim ve ark., 2002).

Badem kabuklarının fitokimyasal bileşimi üzerine yapılan son araştırmalar, tohum kabuklarının potansiyel olarak birçok yararlı bileşik içerdiğini ve iç badem kabuklarına değer katabilecek yeni fırsatlar sunduğunu göstermektedir. Badem tohum kabuklarında çeşitli fenolik bileşikler tespit edilmiştir. İsorhamnetin rutinosid, isorhamnetin glukozid, kaempferol rutinosid ve kaempferol glukozid gibi dört farklı flavanol glikozit badem tohum kabuklarında bulunmaktadır (Frison-Norrie ve Sporns, 2002; Subhashinee ve ark., 2006). Ayrıca, badem kabuklarında glukozla glikozile edilmiş quercetin, galaktoz ve rhamnoz, kaempferol, naringenin, kateşin, protokatekuik asit, vanilik asit ve bir benzoik asit türevi gibi fenolik bileşikler tanımlanmıştır (Chen ve ark., 2005; Monagas ve ark., 2007). Fenolik bileşimine ilişkin kapsamlı bir çalışmada, badem kabuklarının potansiyel bir fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanımına yönelik uygulamalar araştırılmıştır. HPLC-DAD/ESI-MS tekniği kullanılarak, flavanol, flavonol, dihidroflavonol ve flavanonlara karşılık gelen toplam 33 bileşik ve diğer flavonoid olmayan bileşikler tanımlanmıştır. Çalışmada 23 bileşiğe rastlandığı belirtilmiştir. İç badem kabuğunda A ve B tipi prosiyanidinler, propelargonidinler, A ve B tipi prodelfinidinlerin bulunduğu tespit edilmiştir. Bulgular, flavanol ve flavonol glikozitlerin badem kabuklarında en yaygın bulunan fenolik bileşikler olduğunu ve sırasıyla toplam fenolik bileşiklerin %38-57'sini ve %14-35'ini temsil ettiklerini göstermiştir. Antioksidan özellikleri nedeniyle badem kabukları, diyet antioksidan bileşenleri olarak potansiyel kullanım için değer

katan bir yan ürün olarak kabul edilebilir (Garrido ve ark., 2008).

Hasat Edilen Bademlerde Kavlatılmış Yeşil Kabuk

Yeşil kabuk, hasat edilmiş bademin ince mezokarp veya yeşil kabuk örtüsü olarak adlandırılan kısmıdır ve badem ağırlığının %35-62'sini oluşturur. Kalınlığı ve ağırlığı çeşitlere bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösterir; bazı çeşitlerde ince ve kuru bir kabuk olup meyvenin küçük bir bölümünü oluştururken, diğer çeşitlerde kalın ve etli kabuklar meyve ağırlığının büyük bir kısmını oluşturur. Yeşil kabuklar, hasattan sonra kurutma sürecini etkiler (Gradziel ve Gradziel, 2009). Yeşil badem kabuklarının besin bileşimi çeşitlere bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir, ancak çevresel faktörler ve tarımsal yönetim de etkilerini gösterir. Bu nedenle, badem kabuklarının şeker içeriğinin %18.0 ila %30.0, protein içeriğinin %2.1 ila %8.8 ve ham lif içeriğinin %10.0 ila %24.9 arasında değiştiği bildirilmektedir (Homedes ve ark., 1993).

Bademin mezokarpı kuru ve köselemsi bir yapıya sahiptir ve tadı buruktur. Bu durum, olgun badem meyvesinin botanik akrabalarına ve diğer meyvelere kıyasla olağandışı yüksek flavonoid konsantrasyonuna sahip olduğunu gösterir. Mezokarpın olgunlaşma süreci, yaşlanma dönemine geçerek mezokarpıta lignan biyosentezini ortaya çıkarır. Hasat sonrası yaşlanan mezokarp, şekerler, flavonoidler ve lignanlar gibi bileşenlerin içeriğini yıllarca stabil bir şekilde korur. Mezokarplar genellikle kabuk olarak adlandırılır ve hasat edildiklerinde ve yaklaşık %8-20 nem içeriğine sahip olduklarında, kuru çözünür madde miktarı genellikle %12 civarındadır. Bu kuru çözünür maddelerin yanı sıra, kabuklar ayrıca çözünmez lif, selüloz, hemiselüloz, pektinler, tanen benzeri kompleks polifenoller ve kül içerir. Bu nedenle, badem mezokarpı, kuru kabuk ve kül içeriğiyle birlikte, kaba yem ve kedi kumu gibi kullanımlarının yanı sıra, başta farmasötikler ve yem katkı maddeleri olmak üzere besleyici ve yüksek besin değeri içeriğiyle potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilmektedir (Rabinowitz, 2004). Geçmişte, badem endüstrisinin bir yan ürünü olan badem kabukları, bademler hasat edildikten sonra ayrıştırılarak hayvan yemi olarak kullanılırdı. Son zamanlarda, badem kabuklarının doğal bir kaynak olarak tatlandırıcı konsantresi ve diyet lifi için kullanımına olan ilgi artmıştır (Takeoka ve Dao, 2003).

Sert Badem Kabuğu

Badem endokarpı, lignoselülozik sklereid hücrelerinin sıkı bir düzenlemesiyle oluşan bir kabuk olarak bilinir. Bu kabuk, başlıca selüloz (%29.8 ila %50.7), hemiselüloz (%19.3 ila %29.0) ve lignin (%20.4 ila %50.7) içerir. Kabuğun sertliği, meyve gelişimi, morfolojisi, lif içeriği ve dış kabuğa yapışma sırasında oluşan toplam lignin miktarıyla ilişkilidir (Ledbetter, 2008).

Badem meyveleri işlendiğinde, yenilebilir iç badem elde etmek için odunsu kabuktan ayrılır. Bu malzemeler, endüstriyel kullanım için değerlendirilmediği için genellikle kontrolsüz bir şekilde yakılır veya atılır (Urrestarazu ve ark., 2005). Badem meyvelerinin odunsu endokarpları, endüstriyel artıklar arasındadır. Badem yan ürünlerinden olan sert kabuklar ve yeşil kabuklar, badem meyvelerinin kuru ağırlığının %50'sinden fazlasını oluşturur (Martinez ve ark., 1995).

Badem Yan Ürünlerinin Potansiyel Uygulaması

Badem ve türevi ürünlerin gıda uygulamaları kadar, bu kaynakların döngüsel ekonomi sistemi açısından sağlam bir temel oluşturması da önemlidir. Bu bağlamda, badem kabukları, lignoselülozik yapıları sayesinde geniş bir uygulama yelpazesi sunarak bu amaçla önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, badem kabuklarının lignoselülozik bileşimi, ahşap bazlı kompozitlerin üretimi ve plastik malzemelerin güçlendirilmesi gibi alanlarda kullanımlarını teşvik etmektedir (Pirayesh ve Khazaean, 2012; Sabbatini ve ark., 2017). Badem kabuklarının yüksek lignin içeriği, yakıt olarak potansiyel kullanıma işaret eden yüksek bir ısı değeriyle ilişkilendirilmiştir (Demirbaş, 2002).

Badem ve yan ürünlerinin alternatif kullanım alanlarının araştırılması, sürdürülebilir bir tarım-gıda sektörü için yeni yaklaşımların geliştirilmesine yönelik önemli bir adımdır. Bu çalışmalar, badem endüstrisinde çevresel etkileri azaltmak, atıkları en aza indirmek ve kıymetli kaynakları ekonomik değerle kullanmak için fırsatlar sunmaktadır.

Badem ve türevi ürünlerin çok yönlü doğası, farklı ekonomik ve endüstriyel sektörlerde kullanılmasını kolaylaştırarak, sadece gıda endüstrisini değil aynı zamanda hayvan yemi, kozmetik, ilaç ve malzeme endüstrilerini de içeren döngüsel bir ekonomi sisteminin kurulmasına imkân sağlıyor. Bu ürünlerin çeşitli endüstriyel kullanım potansiyelleri, araştırmacıları alternatif uygulamalar ve değerlendirme yöntemleri üzerinde

çalışmaya teşvik etmiştir.

Badem ve türevi ürünler, hayvan yemi endüstrisinde değerli bir kaynak olarak kullanılabilir. Özellikle, badem kabukları, yüksek lif içeriği ve besin değeri nedeniyle hayvan yemi bileşenlerine katkı sağlayabilir (Cantos ve ark., 2003). Bu da badem endüstrisinde ortaya çıkan yan ürünlerin ekonomik değerlendirme potansiyelini artırmaktadır.

Kozmetik endüstrisi, badem ve türevi ürünlerin sağladığı cilt ve saç bakımı avantajlarından faydalanmaktadır. Badem sütü ve yağı, nemlendirici, yatıştırıcı ve besleyici özelliklere sahip olduğu için kozmetik ürünlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ürünler, ciltte ve saçta doğal bir parlaklık sağlamak amacıyla topikal olarak uygulanabilir (Krist & Krist, 2020).

Badem ve türevi ürünler, ilaç endüstrisinde de potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Özellikle, badem kabuklarında bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan ve anti-inflamatuar özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Bu bileşikler, ilaç geliştirme çalışmalarında potansiyel aktif bileşenler olarak araştırılmaktadır (Garrido ve ark., 2008). Bu şekilde, badem ve türevi ürünlerin sağlık alanında kullanımı da desteklenmektedir.

Bu bağlamda, badem ve türevi ürünlerin döngüsel ekonomi sistemi içinde geniş bir uygulama yelpazesi sağladığı görülmektedir. Bu kaynakların sürdürülebilir bir şekilde değerlendirilmesi hem ekonomik hem de çevresel açıdan fayda sağlayabilir.

Ağır Metal Adsorban Olarak Badem Kabuğu

Badem kabuklarının, özellikle tekstil endüstrisinden kaynaklanan atık sularda ağır metal adsorbanları olarak kullanılması, halen devam eden alternatif uygulamalardan biridir. Atık sularda bulunan ağır metaller, yüzeysel veya yer altı sularını kirletme etkileri nedeniyle büyük bir çevre sorununu oluşturmaktadır (Esfahlan ve ark., 2010). Bu kirleticilerle mücadelede, geri kazanılan doğal ve düşük maliyetli malzemelerin farklı adsorban olarak kullanımına yönelik arayışlar devam etmektedir. Badem kabukları ve diğer tarımsal yan ürünler, örneğin şeker kamışı küspesi veya ceviz kabukları gibi, ekonomik ve zengin bir biokütle kaynağı olarak aktif karbon üretimi için potansiyel göstermektedir. Aktif karbon preparasyonunda kullanılan malzemelerin çoğu yenilenemez niteliktedir. Bu nedenle, badem yan ürünlerinin kullanımı çevresel açıdan çift katma değer sağlamaktadır. Geri

kazanılan yüksek katma değerli içeriğin aktif karbon olarak kullanımı, sulu veya gazlı çözelti sistemlerinde adsorpsiyon, ayırma ve saflaştırma işlemlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla hedeflenmektedir. Aktif karbon ayrıca katalitik işlemlerde de kullanılabilir, katalizör görevi görerek farklı kimya, ilaç ve gıda endüstrilerinde önemli bir rol oynar (İzgi ve ark., 2019).

Badem kabuğunun ağır metal adsorbanı olarak kullanımı, çevresel sorunları çözmekle kalmaz, aynı zamanda ekonomik ve sürdürülebilir bir yaklaşım sunar. Bu uygulama, atık sulardaki ağır metallerin etkin bir şekilde giderilmesini sağlayarak su kaynaklarının korunmasına katkıda bulunur. Ayrıca, tarımsal yan ürünlerin geri dönüşümü ve değerlendirilmesi, döngüsel ekonomi ilkelerine uygun bir yaklaşımı teşvik eder. Bu şekilde, badem kabuğunun ağır metal adsorbanı olarak kullanımı, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından olumlu sonuçlar doğurur.

Ağır metaller, günümüzde yüzey ve yer altı sularında en önemli kirleticiler arasında yer almaktadır. Bu son derece toksik elementler bitkileri ve hayvanları ciddi şekilde etkileyerek birçok sağlık sorununa neden olmaktadır (Ricordel ve ark., 2001). Dolayısıyla, su ve atık suların ağır metallerden arındırılması, halk sağlığının korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, yeni, esnek ve çevre dostu bir prosesin geliştirilmesi su ve endüstriyel atıkların arıtılması için kaçınılmaz bir gerekliliktir (Gaballah ve Kilbertus, 1998). Ağır metallerin uzaklaştırılması için kimyasal çökeltme, membran filtrasyon, ters osmoz, iyon değişimi ve adsorpsiyon gibi çeşitli arıtma yöntemleri kullanılmaktadır (Mo ve ark., 2018). Ancak, bu yöntemler ekonomik olmayabilir ve özellikle 0.01-0.1 g/l aralığındaki metal konsantrasyonlarında yeterli arıtma verimliliği sağlamayabilir (Bulut ve ark., 2007).

Adsorpsiyon fenomeni, uygun çalışma koşulları altında bazı adsorbanların seçilerek atık sularından toksik metallerin ekonomik olarak uzaklaştırılması için çekici bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Birçok farklı adsorban üzerinde dağınık araştırmalar zaten yapılmıştır. Bildirilen düşük maliyetli adsorbanlardan bazıları şunlardır: tanen açısından zengin malzemeler, çam kabuğu, ölü biyokütle veya talaştan elde edilen lignin, turba yosunu, uçucu külden elde edilen kitin ve kitosan, modifiye edilmiş yün ve pamuk, pirinç kabuğu veya hayvan kemikleri. Bu malzemeler, pahalı adsorbanlara göre düşük maliyetli alternatifler olarak kullanılmaktadır. Çoğu bu malzeme, ana

bileşenleri olarak proteinler, polisakkaritler ve selülozla ilişkili fonksiyonel gruplar içermektedir (Esfahlan ve ark., 2010). Bu biyomalzemelerin adsorpsiyon süreciyle metal alımının gerçekleştiği düşünülmektedir (Hasar, 2003). Bu malzemelerin maliyeti, aktif karbon veya iyon değiştirici reçinelerin maliyetiyle karşılaştırıldığında oldukça düşüktür.

Tehlikeli atıklar içeren metallerin sınıflandırılması için konsantrasyon limitleri, farklı metaller için değişiklik gösterir. Su veya toprakta izin verilen sınırlar, Ni(II), Cd(II) ve Pb(II) için sırasıyla 20.0, 1.0 ve 0.01 mg/l veya mg/kg'dır (Bulut ve Tez, 2003). Bu konuda yapılan araştırmalar, Ni(II), Cd(II) ve Pb(II) gibi metallerin sulu ortamlardan uzaklaştırılması için düşük maliyetli ve kolayca temin edilebilen bir malzeme olan fındık ve badem kabuklarının çözümlerini ortaya koymuştur (Bulut ve Tez, 2007).

Bu bağlamda, badem kabukları ağırlıklı olarak tekstil endüstrisinden kaynaklanan atık sularda ağır metal adsorbanları olarak kullanılabilir. Bu alternatif uygulama, ağır metallerin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmaya ve çevre dostu bir arıtma süreci geliştirmeye yönelik önemli bir adımdır. Badem kabukları ve diğer tarımsal yan ürünler, düşük maliyetli ve zengin bir biokütle kaynağı olarak aktif karbonun hazırlanmasında kullanılabilir. Bu malzemelerin çevresel faydaları, kendini yenileyen bir döngüsellik desteklemekte ve atık sulardan toksik metallerin uzaklaştırılması için etkili bir yol sunmaktadır.

Araştırmalar, badem kabuklarının adsorpsiyon özelliklerinin, su ve atık suların arıtılmasında kullanılabilecek bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, badem kabukları gibi doğal adsorbanlar, çevre dostu ve ekonomik bir seçenek olarak değerlendirilmekte ve araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Bu malzemelerin kullanımı, atık sulardan ağır metallerin etkili bir şekilde uzaklaştırılmasına katkı sağlayarak, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik stratejilerin bir parçası olabilir.

Boya Adsorbani Olarak Badem Kabuğu

Badem kabukları, çevre dostu ve düşük maliyetli bir adsorban olarak çeşitli tekstil boyalarının üzerindeki adsorpsiyon kapasitesini inceleyen sınırlı sayıda çalışma tarafından analiz edilmiştir. Farklı yaklaşımlar, kabuk türünü, pH değerini ve çeşitli aktif karbon formüllerini dikkate alarak, çeşitli tekstil boyalarının (Direct Red 80, metilen mavisi veya kristal viyole) atık sulardan

uzaklaştırılması için geliştirilmiştir. Genel olarak, badem kabuklarının kullanımı, kırmızı 8 için yaklaşık 50 mg/L, kristal menekşe için mg/g, metilen mavisi için 148–833 mg/g veya 625 için yaklaşık 50 mg/L'lik boya giderimi sağlayarak %97'ye varan verimlilik değerlerine ulaşmaktadır. Bu durum, tekstil boyalarını içeren endüstriyel atıkların oluşmasının neredeyse kaçınılmaz olduğu gerçeğini göz önünde bulundururken, hem mevcut hem de gelecekte yapılacak deneysel çalışmaların, bu atık sulardan ikincil maddelerin eliminasyonu ile olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için uygun iyileştirme stratejileri sağlayabileceğini ortaya koymuştur (Çoruh ve ark., 2014).

Bu çalışmalar, badem kabuğunun boya adsorpsiyonunda büyük bir potansiyele sahip olduğunu ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir alternatif olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Badem kabuğunun etkili bir şekilde tekstil boyalarını gidermesi, atık sulardan kaynaklanan çevresel kirliliği azaltma çabalarına katkı sağlayabilir. Bu nedenle, badem kabuğu gibi doğal adsorbanların kullanımı, tekstil endüstrisinde oluşan atık sulardan kaynaklanan çevresel sorunların çözümünde önemli bir rol oynayabilir. İleri araştırmalar ve iyileştirme çalışmaları, badem kabuğunun boya adsorpsiyonu alanında daha fazla bilgi ve uygulama potansiyeli sunabilir.

Tekstil endüstrisi, büyük miktarlarda kirli atık su oluşturmasıyla çevreye olumsuz etkide bulunmaktadır. Sentetik boyalar, tekstil atıklarında bulunan ve uzaklaştırılması gereken en önemli tehlikeli maddelerden biri olarak kabul edilmektedir. Endüstriyel atıklardaki boyalar, suda yaşayan organizmaların fotosentezini engelleyerek ışık penetrasyonunu azaltır (Gong ve ark., 2005). Ayrıca, bazı boyalar insanlarda alerjik reaksiyonlara, cilt tahrişine ve kansere yol açabilir. Bu tür atık sulardan kaynaklanan kirlilik sorunlarının riskini en aza indirmek için, uygun bir şekilde arıtıldıktan sonra çevreye deşarj edilmeleri gerekmektedir. Bu amaçla, tekstil endüstrisi ve diğer endüstrilerden gelen atıkların arıtılması için uygun arıtma sistemleri bulma çabaları birçok araştırmacı tarafından sürdürülmektedir (Gökmen ve Serpen, 2002).

Tehlikeli boyaların sulu fazdan katı faza aktarılması için adsorpsiyon işlemi kullanılmaktadır. Ancak bazı boyalar kolayca ayrıştırılmadığından, mikrobiyolojik, fotokatalitik ve elektrokimyasal ayrıştırma prosedürleri verimli olmayabilir. Ayrıca, aktif karbonun yüksek maliyeti, bazen boya giderimi için uygulanabilirliğini sınırlayabilir. Bu nedenle, göreceli olarak uygun maliyetli ve yüksek adsorpsiyon etkinliğine sahip alternatif malzemelerin araştırılmasına

artan bir ilgi vardır (Chakraborty et al., 2005). Bu bağlamda, badem kabuğu gibi alternatif malzemelerin kullanımı önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak, badem kabuğuyla ilgili yapılan araştırmaların çoğu, aktif karbon kaynağı olarak kullanımıyla sınırlıdır. Badem kabuğunun, sulu çözeltilerden tekstil boyalarının uzaklaştırılması için bir adsorban olarak kullanımı daha önce keşfedilmemiştir (Esfahlan et al., 2010).

Badem kabuğunun tekstil boyalarının adsorpsiyonunda kullanımı, çevresel açıdan sürdürülebilir bir çözüm sunabilen etkili bir yol olarak görülmektedir. Badem kabuğunun yüksek boya giderme kapasitesi, endüstriyel atık sulardan kaynaklanan çevresel kirliliğin azaltılmasına katkıda bulunabilir. Dolayısıyla, bu alternatif adsorbanın kullanımı, endüstriyel atık sulardan kaynaklanan çevresel kirliliğin azaltılmasına katkıda bulunabilir. Badem kabuğunun çevre dostu ve düşük maliyetli olması, onu cazip bir seçenek haline getirmektedir. Yapılan çalışmalar, badem kabuğunun farklı tekstil boyalarının atık sulardan etkin bir şekilde uzaklaştırılmasında büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Örneğin, kırmızı 8 için yaklaşık 50 mg/L, kristal menekşe için mg/g aralığında ve metilen mavisi için 148–833 mg/g veya 625'e kadar çıkabilen %97'ye varan boya tutma oranları elde edilmiştir (Çoruh et al., 2014).

Bu durum, badem kabuğunun tekstil endüstrisindeki boya içeren atıkların arıtılmasında potansiyel bir adsorban olarak kullanımının değerini vurgulamaktadır. Badem kabuğu, sulu çözeltilerden tekstil boyalarını etkili bir şekilde adsorbe edebilir ve bu sayede atık sulardan kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılmasına katkıda bulunabilir. Ayrıca, badem kabuğunun kolayca elde edilebilir bir malzeme olması ve düşük maliyeti, endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılabilme potansiyelini artırmaktadır.

Bu çalışmalar, badem kabuğunun tekstil endüstrisi gibi boyaların yoğun olarak kullanıldığı sektörlerde sürdürülebilir bir çözüm sunabileceğini göstermektedir. Badem kabuğunun adsorpsiyon kapasitesi, ekonomik ve çevre dostu bir yöntem olarak endüstriyel atık sulardan kaynaklanan kirlilik sorunlarına karşı etkili bir mücadelede önemli bir rol oynayabilir. Bu nedenle, badem kabuğu gibi alternatif adsorbanların kullanımı, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için önemli bir adımdır.

Ancak, badem kabuğunun tekstil boyalarının adsorpsiyonunda kullanımıyla ilgili daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. İleri

çalışmalar, badem kabuğunun adsorpsiyon mekanizmasını daha iyi anlamak, optimum işleme koşullarını belirlemek ve gerçek endüstriyel atık sularda uygulanabilirliğini değerlendirmek için önemlidir. Ayrıca, badem kabuğunun yeniden kullanımı ve geri dönüşümü gibi atık yönetimi konuları da dikkate alınmalıdır.

Badem kabuğu gibi alternatif adsorbanların kullanımı, çevre kirliliğinin azaltılmasında önemli bir adım olabilir. Bu tür çevresel sorunlara karşı etkili çözümler bulmak için akademik araştırmalar ve endüstri iş birlikleri devam etmelidir. Sonuç olarak, badem kabuğu gibi doğal ve uygun maliyetli adsorbanların kullanımı, tekstil endüstrisi gibi boyaların yoğun olarak kullanıldığı sektörlerde çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için umut vadeden bir yaklaşımdır.

Ardejani ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada, doğrudan kırmızı 80 (DR 80) boyasının sulu çözeltiden badem kabukları üzerindeki adsorpsiyonu çevre dostu ve düşük maliyetli bir adsorban olarak incelenmiştir. Bu çalışmada, badem kabuğu adsorbentinin adsorpsiyon kapasitesini değerlendirmek amacıyla kabuk tipi (iç, dış ve karışım kabukları), pH ve başlangıç boya konsantrasyonunun etkileri göz önünde bulundurulmuştur.

Elde edilen sonuçlar, badem kabuğu karışım tipinin daha etkili olduğunu göstermiştir. Adsorpsiyon çalışmaları, karışım, dış ve iç kabuklar için badem kabuklarının, sulu fazdaki DR 80 boyasının yaklaşık %97'sini 1 mg/g değerinden sonra adsorbe ettiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, sulu çözeltilerdeki daha yüksek boya konsantrasyonlarının, badem kabuklarının DR 80 boya adsorpsiyon etkinliğini azalttığı belirlenmiştir.

Bu bulgular, badem kabuğunun adsorpsiyon kapasitesi ve adsorpsiyon etkinliği açısından potansiyel bir adsorban olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, badem kabuğu adsorbentinin performansını etkileyen faktörlerin daha ayrıntılı bir şekilde araştırılması gerekmektedir. Özellikle, adsorpsiyon mekanizmasının anlaşılması, işleme koşullarının optimize edilmesi ve endüstriyel boyama atıklarının gerçek örneklerindeki uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi gibi konular daha fazla araştırma gerektirmektedir.

Bu çalışma, badem kabuğunun tekstil boyalarının adsorpsiyonunda kullanımının çevresel kirliliğin azaltılmasına katkıda bulunabilecek bir yöntem olabileceğini göstermektedir. Badem kabuğu gibi yenilenebilir ve düşük maliyetli adsorbanların kullanımı, çevre dostu alternatiflerin geliştirilmesi

açısından önemli bir adımdır. Gelecekteki araştırmaların, badem kabuğunun adsorpsiyon özelliklerini daha ayrıntılı olarak incelemesi ve endüstriyel ölçekte uygulanabilirliğini değerlendirmesi beklenmektedir.

Yetiştirme Ortamı Olarak Badem Kabuğu

Tarım sektörü bağlamında, badem kabukları doğal bir yetiştirme ortamı olarak tanımlanmış ve topraksız tarım kültürü için ekolojik ve çevre dostu bir substrat olarak kullanımlarının geliştirilmesi güçlü bir çözüm olarak kabul edilmiştir. Badem kabukları, daha önce domates yetiştiriciliği için olduğu gibi, tarım sektöründe kullanılan geleneksel taş yününe göre daha çevre dostu ve ekonomik bir seçenek olması sebebiyle tercih edilmektedir. Urrestarazu ve ark. (2005), topraksız üretim için yetiştirme ortamı olarak ticari olarak üretilen iki farklı dokulu ve iki farklı kalınlıkta (19 ve 25) üç rastgele örnek badem kabuğunu değerlendirmiştir. Bu çalışma, substratın hacim ve dokusu etkilerini değerlendirmek ve kavun ve domates yetiştiriciliğinde meyve verimi ve kalite özellikleri açısından taş yünüyle karşılaştırmak amacıyla üç ayrı deneme gerçekleştirmiştir. İncelenen fiziksel, fizikokimyasal ve kimyasal özellikler açısından her iki dokuda da önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Badem kabuğu artıklarıyla yetiştirilen domates bitkileri, üretim sürecinde taş yününe kıyasla %21 daha az su tüketmiştir. Gübreleme parametreleri, su alımı ve verim açısından kavun ve domates ürünleri için badem kabuğu substratının taş yünüyle karşılaştırıldığında kısıtlayıcı bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Özellikle 25 litrelik torbalarda yetiştirilen bitkilerin ticari verimi ve çözünebilir kuru madde miktarı, küçük torbalara göre kavun üretiminde önemli farklılıklar göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, badem kabuklarının topraksız sebze yetiştiriciliği için kabul edilebilir bir yetiştirme ortamı sağlayabileceğini ve taş yününün yerine kullanılabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, badem kabukları tarım sektöründe çevresel açıdan sürdürülebilir bir seçenek olarak değerlendirilebilir.

Tarım sektöründe badem kabuğu kullanımının avantajlarına ek olarak, badem kabuğu substratının çeşitli ekolojik ve ekonomik faydaları bulunmaktadır. Öncelikle, badem kabukları tarım atıklarının geri dönüşümüne yönelik bir alternatif oluşturur, böylece atık miktarının azaltılmasına ve çöp sahalarının yükünün hafifletilmesine yardımcı olur. Ayrıca, badem kabukları doğal bir malzeme olduğu için kimyasal gübreler veya zararlı pestisitler

kullanımını azaltır, böylece toprak ve su kaynaklarının kirlenme riskini minimize eder.

Badem kabuğu substratı aynı zamanda toprak sağlığını ve bitki büyümesini destekleyen önemli özelliklere sahiptir. Örneğin, iyi hava geçirgenliği ve su tutma kapasitesi sayesinde köklerin sağlıklı bir şekilde gelişmesini sağlar. Ayrıca, substratın uygun pH düzeyi bitkilerin besinlerden optimal şekilde yararlanmasını sağlar. Bu da bitki büyümesi, verim ve kalite açısından olumlu sonuçlar doğurabilir.

Badem kabuğu substratının kullanımı, tarımsal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve çevresel etkilerin azaltılması açısından önemli bir adım olarak değerlendirilebilir. Bu çözüm, tarım sektöründe daha sürdürülebilir ve çevre dostu uygulamaların teşvik edilmesine katkı sağlayabilir.

Badem kabuklarının ve kabuklarının çevre dostu bir yaklaşım olarak kullanımı, yaygın olarak kullanılan malzemelere iyi bir alternatif olduğunu kanıtlamıştır. Topraksız mahsul üretimi artmakta ve geleneksel substratlar için uygun ikame maddeleri bulma konusundaki ilgi artmaktadır. Urrestarazu ve diğerleri (2005), yetiştirme ortamı olarak %100 saf badem kabuğunu kullanarak, topraksız üretim için bir substrat olarak değerlendirmiştir. Domates ve kavun mahsullerinin verim ve kalite özellikleri açısından hacim ve doku etkileri değerlendirilmiş ve taşıyıcı ile karşılaştırılmıştır. Domates ve kavun mahsulleri için gübreleme parametreleri, verim ve su alımı açısından taşıyıcı ile karşılaştırıldığında herhangi bir kısıtlama tespit edilmemiştir. Bu nedenle, badem kabukları, taşıyıcıya çevre dostu bir alternatif olarak sunulmuş ve topraksız kültürler için kabul edilebilir bir yetiştirme ortamı olarak görünmektedir. Ayrıca, Urrestarazu ve diğerleri (2008), rekabet edebilmek için badem kabuklarının uzun süreli topraksız üretim için bir yetiştirme ortamı olarak değerlendirildiği başka bir çalışma gerçekleştirmiştir. Sonuçlar, ticari badem kabuklarının, sebze üretimi için kabul edilebilir bir yetiştirme ortamı olarak en az 530 günlük kullanımdan sonra görüldüğünü göstermiştir. Tatlı biber yetiştiriciliğinde substrat olarak hem badem sert kabuklarının hem de yeşil kabuklarının kullanılması ve bunların meyve verimi, boyutu ve mineral içeriği üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma, badem sert kabuğunun yeşil kabuktan daha iyi sonuçlar gösterdiğini ortaya koymuş ve biber yetiştiriciliği için toprağa uygun bir alternatif olduğunu göstermektedir (Valverde ve diğerleri, 2013).

Aktif Karbonların Hazırlanmasında Zengin Bir Kaynak Olarak Badem Kabuğu

Badem kabuğu, aktif karbonların hazırlanmasında zengin bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Aktif karbonlar, gaz ve sıvı sistemlerde ayırma ve saflaştırma işlemlerinde yaygın olarak adsorban olarak kullanılmaktadır ve ayrıca katalitik işlemlerde katalizör veya katalizör desteği olarak kullanılabilir. Bu nedenle, aktif karbonlar kimya, ilaç ve gıda endüstrilerinde önemli bir role sahiptir. Aktif karbon hazırlama yöntemleri genel olarak iki kategoriye ayrılmaktadır: fiziksel aktivasyon ve kimyasal aktivasyon. Fiziksel aktivasyon yönteminde, ham malzeme önce karbonizasyona tabi tutulur ve ardından buhar veya karbondioksit ile aktive edilir. Kimyasal aktivasyon yönteminde ise hammadde aktive edici bir reaktif ile emprenye edilir ve emprenye edilen malzeme inert bir atmosfer altında ısıtılır. Karbonizasyon ve aktivasyon adımları kimyasal aktivasyonda eş zamanlı olarak gerçekleşir. $ZnCl_2$ ve H_3PO_4 uzun süredir yaygın olarak kullanılan aktivasyon reaktifleridir. Son zamanlarda, KOH ve NaOH gibi alkali hidroksitler yüksek özgül yüzey alanına sahip aktif karbonların hazırlanması için aktivasyon reaktifleri olarak kullanılmaktadır. Yüksek özgül yüzey alanına sahip aktif karbonun gaz depolama veya çift katmanlı bir kapasitör için kullanılabilir olması beklenmektedir.

Aktif karbon hazırlama yöntemleri, fiziksel aktivasyon ve kimyasal aktivasyon olmak üzere iki ana kategoriye ayrılabilir. Fiziksel aktivasyon sürecinde, ham malzeme öncelikle karbonizasyona tabi tutulur ve ardından buhar veya karbondioksit gibi aktive edici gazlarla etkileşime girer. Bu gazlar, karbonizasyon sürecinde oluşan gözenek yapısını genişleterek aktif karbonun yüzey alanını artırır. Diğer yandan, kimyasal aktivasyon sürecinde, ham madde emprenye edici bir reaktif ile muamele edilir ve ardından inert bir atmosfer altında ısıl işleme tabi tutulur. Bu süreçte, emprenye edici reaktif malzeme içinde kimyasal reaksiyonlar gerçekleştirilerek aktif karbonun gözenek yapısını oluşturur ve yüzey alanını artırır. $ZnCl_2$ ve H_3PO_4 gibi kimyasal aktivasyon reaktifleri uzun süredir kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda, KOH ve NaOH gibi alkali hidroksitlerin de yüksek özgül yüzey alanına sahip aktif karbonların hazırlanmasında etkili aktivasyon reaktifleri olduğu tespit edilmiştir. Bu alkali hidroksitler, karbonizasyon ve aktivasyon adımlarını aynı anda gerçekleştirilerek aktif karbonun istenen özelliklerini elde etmede kullanılır. Yüksek özgül yüzey

alanına sahip aktif karbon, gaz depolama veya çift katmanlı bir kapasitör gibi uygulamalarda kullanılmak üzere önemli bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle, badem kabuğu gibi doğal kaynaklar, aktif karbon üretiminde zengin ve sürdürülebilir bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Kömür ve ligno-selülozik malzemeler, aktif karbon üretimi için kullanılan hammadde olarak önemli bir role sahiptir. Tarımsal yan ürünlerden aktif karbon üretimi konusunda çeşitli çalışmalar yürütülmüştür, özellikle şeker kamışı küspesi ve fındık kabukları gibi malzemeler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu tarımsal yan ürünler genellikle ekonomik açıdan avantajlıdır ve etkin bir şekilde kullanılabilirlikleri araştırılmaktadır. Dolayısıyla, tarımsal yan ürünlerden yüksek yüzey alanlı aktif karbon elde etmek ilgi çekici bir araştırma alanıdır. Bu bağlamda, badem kabuğu, hindistancevizi kabuğu, palmye yağı kabuğu, Antep fıstığı kabuğu ve ceviz kabuğu gibi çeşitli kabuklu yemiş kabukları, K_2CO_3 kullanılarak kimyasal aktivasyon yöntemiyle aktif karbon üretimi için kullanılmıştır. Bu çalışma, badem kabuğu gibi ligno-selülozik malzemelerin, diğer kabuklu yemiş kabukları gibi, aktif karbon üretimi için potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir (Esfahlan ve ark., 2010). Bu bulgular, tarımsal yan ürünlerin sürdürülebilir ve ekonomik olarak değerlendirilebileceği ve aktif karbon üretimi için alternatif kaynaklar sağlayabileceği konusunda önemli bir bilgi sunmaktadır.

Badem ve Yan Ürünlerinin Antioksidan ve Antiradikal Aktivitesi

Bütün badem tohumu, kahverengi kabuk ve yeşil kabuk örtüsü etanolik ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri, çeşitli serbest radikal yakalama deneyleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite testi, kahverengi deri ve yeşil kabuk örtüsü özlerinin toplam antioksidan kapasitelerinin, aynı özüt konsantrasyonunda bütün tohum özütüne göre sırasıyla 13 ve 10 kat daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Kahverengi kabuk ve yeşil kabuk örtüsü özlerinin serbest radikal yakalama etkinlikleri de bütün tohum özütünü aşmıştır. Süperoksit radikalının farklı badem özleri ile süpürme aktivitesi, 100 ppm'de %76 ila %97 ve 200 ppm'de %85 ila %99 arasında değişmiştir. Hidrojen peroksit konsantrasyonunda gözlenen karşılık gelen azalma ise %59 ila %66 (100 ppm) ve %86 ila %91 (200 ppm) arasında gerçekleşmiştir. 100 ve 200 ppm konsantrasyonlarında

hidroksil radikali yakalama kapasiteleri, bütün tohum için sırasıyla %16 ve %42, kahverengi kabuk için %57 ve %100, yeşil kabuk özleri için ise %40 ve %56 olarak belirlenmiştir. Sırasıyla 100 ve 200 ppm konsantrasyonlarında kahverengi deri ve yeşil kabuk özlerinin 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikalinin süpürme aktivitesi %100 olarak gözlemlenmiştir. Tüm tohum özlerinde ise 21 (100 ppm'de) ve %73 (200 ppm'de) oranında DPPH radikalinin süpürme aktivitesi tespit edilmiştir (Siriwardhana ve Shahidi, 2002).

Bu bulgular, badem ve yan ürünlerinin antioksidan ve antiradikal aktivitelerinin değerlendirilmesinde önemli bir bilimsel temel sunmaktadır. Kahverengi kabuk ve yeşil kabuk örtüsü özlerinin, bütün tohum özlerine kıyasla daha yüksek antioksidan kapasiteye ve serbest radikal yakalama etkinliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, badem ve yan ürünlerinin sağlık açısından potansiyel faydalarına işaret etmektedir. Bu bulgular, badem ve yan ürünlerinin doğal antioksidanlar olarak kullanılabilmesini ve sağlık açısından potansiyel faydaları olduğunu göstermektedir. Antioksidanlar, vücutta serbest radikallerin neden olduğu oksidatif stresi azaltarak hücre hasarı önleyebilir ve bir dizi sağlık sorununun riskini azaltabilir. Badem ve yan ürünlerinden elde edilen özlerin yüksek antioksidan kapasiteye sahip olması, bu malzemelerin fonksiyonel gıdalar ve doğal ilaçlar için potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilebileceğini düşündürmektedir.

Ayrıca, badem ve yan ürünlerinin antiradikal aktivitesi, serbest radikallerle ilişkili hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde potansiyel bir etki göstermektedir. Süperoksit radikalleri, hidrojen peroksit ve hidroksil radikalleri gibi zararlı serbest radikallerin etkilerini azaltarak, bu özlerin sağlık üzerinde koruyucu bir rol oynayabileceği düşünülmektedir. Özellikle kahverengi kabuk ve yeşil kabuk örtüsü özlerinin yüksek antiradikal aktivite göstermesi, bu bileşenlerin potansiyel terapötik ajanlar olarak kullanılabilme ihtimalini artırmaktadır.

Sonuç olarak, badem ve yan ürünleri, doğal antioksidan ve antiradikal özellikleri nedeniyle sağlık açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu bulgular, bu malzemelerin gıda, ilaç ve kozmetik endüstrisinde kullanımını desteklemekte ve daha fazla araştırma yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Badem ve yan ürünlerinin biyoaktif bileşiklerini ve mekanizmalarını daha iyi anlamak için ileri çalışmaların yapılması, bu malzemelerin sağlık yararlarının tam olarak değerlendirilmesini sağlayacaktır.

Malç Olarak Badem Kabuğu

Badem kabuğu, malçlama amacıyla kullanılan bir materyal olarak önemli avantajlar sağlayan uygun bir malçlama malzemesidir. Malçlama, organik tarım sistemlerinde toprak erozyonunu önlemek, yabancı ot büyümesini engellemek, toprak nemini korumak, bitki gelişimini iyileştirmek, toprak besin içeriğini artırmak ve hastalıklar ile pestisit kullanımını azaltmak gibi birçok fayda sağlayan önemli bir araçtır (Chalker-Scott, 2007).

Geleneksel olarak, ormancılık ve tarımsal yan ürünlerin malçlama malzemeleri olarak tekrar kullanılması, çiftçiler arasında büyük ilgi görmektedir. Yeni ekilen mahsullerden arta kalan organik materyaller, malçlama için mükemmel bir kaynak olabilir ve tüm üretim döngüsünün karbon ayak izini azaltmaya yardımcı olabilir. Lopez ve arkadaşları (2014), organik olarak yetiştirilen avokado ağaçları için ardışık badem kabuğu malçlamasının uzun vadeli etkilerini analiz etmek için 10 yıllık bir çalışma yürütmüşlerdir. Badem kabukları, 2002, 2007 ve 2012 yıllarında olmak üzere üç kez uygulanmış ve bu uygulama, geleneksel toprak işleme yöntemleriyle (mineral gübreler ve herbisitler kullanılarak) karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, konvansiyonel yönteme kıyasla benzer veya daha yüksek verimler elde edilirken, daha düşük maliyetler de kaydedilmiştir. Ayrıca, azalmış mineralizasyon, yüksek yüzey biyolojik aktivitesi ve artan toprak organik karbonu gibi olumlu sonuçlar gözlenmiştir, bu da badem kabuğu malçlamasının avokado üretiminde ideal bir yöntem olduğunu göstermektedir. Badem kabuğu malçlamasının özellikle organik çiftçiler için önemli olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, diğer mahsuller üzerinde de benzer olumlu etkilere sahip olması beklenmektedir.

Bu bulgular, badem kabuğunun malçlama materyali olarak kullanılmasının tarımsal uygulamalarda önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Badem kabuğu, organik tarımın sürdürülebilirlik ve çevresel etkileri üzerinde olumlu bir etki yapabilecek yenilenebilir bir kaynaktır. Ayrıca, malçlama yöntemi olarak badem kabuğunun kullanılması, toprak sağlığını olumlu yönde etkileyebilir. Badem kabuğu malçı, toprak erozyonunu önleyerek erozyonun neden olduğu toprak kaybını engeller. Malç tabakası, toprak yüzeyini kaplayarak su buharlaşmasını azaltır, toprak nemini korur ve bitkilerin suya erişimini iyileştirir. Ayrıca, malç materyali olarak badem kabuğunun organik madde içeriği yüksektir ve toprakta organik madde birikimini teşvik

eder. Bu da toprak yapısını iyileştirir, su tutma kapasitesini artırır ve toprak verimliliğini destekler.

Badem kabuğu malçlaması, yabancı ot büyümesini baskılayarak bitkilerin rekabet avantajını artırır. Bu, kimyasal herbisit kullanımını azaltır ve tarımsal ekosistemin doğal dengeye ulaşmasına yardımcı olur. Ayrıca, badem kabuğunun doğal özellikleri, zararlı böceklerin ve hastalıkların bitkilere saldırmasını engelleyebilir, böylece pestisit kullanımını azaltabilir.

Badem kabuğu malçlaması, tarımsal üretim sistemlerinde sürdürülebilirliği destekleyen bir yaklaşımdır. Bu yöntem, çiftçilere maliyet tasarrufu sağlayabilir, tarımsal atıkların geri dönüşümünü teşvik eder ve toprağın doğal dengesini koruyarak çevresel etkileri azaltır.

Sonuç olarak, badem kabuğunun malçlama materyali olarak kullanılması, organik tarım sistemlerinde toprak sağlığını iyileştirmek, bitki büyümesini desteklemek, pestisit kullanımını azaltmak ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmek için umut verici bir stratejidir. Badem kabuğu ve diğer tarımsal yan ürünlerin malçlama amaçlı kullanımı, tarım sektöründe çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği destekleyen önemli bir adımdır.

Malç olarak kullanıldığında şu avantajları sağlar.

1. **Bitki Besleme:** Badem kabuğu malçı, çözünmeyen organik maddeler içerdiği için zamanla toprakta çözünerek bitkiler için yavaş salınan besin maddelerinin kaynağı haline gelir. Bu, bitki beslenmesini iyileştirir ve kimyasal gübre kullanımını azaltabilir.
2. **Sıcaklık Kontrolü:** Badem kabuğu malçı, toprak yüzeyini örttüğü için sıcaklık dalgalanmalarını azaltır. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde, malç tabakası toprak ısısının kontrolünü sağlayarak bitkilerin strese girmesini engeller.
3. **Karbon Ayak İzi:** Badem kabuğu malçlaması, organik bir yan ürünün geri dönüşümüne dayandığı için çevresel açıdan sürdürülebilir bir uygulamadır. Bu yöntem, karbon ayak izini azaltmaya yardımcı olur ve sera gazı emisyonlarını düşürerek iklim değişikliğiyle mücadelede katkı sağlar.
4. **Biyolojik Çeşitlilik:** Malç tabakası, toprakta yaşayan mikroorganizmaların ve yüzey faunasının gelişimini teşvik eder. Bu da toprak biyolojik çeşitliliğini artırır ve ekosistem sağlığını

destekler.

5. **Su Kalitesi:** Badem kabuğu malçlaması, toprak erozyonunu azaltarak su kirliliğini önler. Toprakta kalan malç tabakası, yağış sularının hızlı akışını engeller ve toprakta biriken besin maddelerinin sulara karışmasını önler. Bu da yeraltı suyu ve su kaynaklarının kalitesini korur.

Badem kabuğu malçlamasının bu avantajları, tarım uygulamalarında sürdürülebilirliği destekleyen ve çevresel etkileri azaltan bir seçenek olarak önemli bir potansiyel sunar. Bu yöntemin daha fazla araştırılması ve çeşitli bitkiler ve ekosistemler üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi, tarımsal sürdürülebilirlik açısından daha iyi bir anlayış sağlayabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, badem kabuğunun farklı kullanım alanlarına odaklanılarak potansiyel avantajları incelenmiştir. Badem kabuğu, aktif karbon hazırlanması, antioksidan ve antiradikal aktivite, malçlama gibi alanlarda önemli bir kaynak olarak değerlendirilebilir. Aktif karbon hazırlanmasında kullanılan badem kabuğunun etkin bir adsorban olduğu ve farklı endüstrilerde geniş bir uygulama potansiyeline sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, badem kabuğu ve yan ürünlerinin antioksidan ve antiradikal aktiviteleri üzerinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Malçlama yöntemi olarak badem kabuğunun kullanılması ise toprak sağlığını ve bitki büyümesini iyileştirme, su ve enerji tasarrufu sağlama gibi avantajlar sunmuştur.

Öneriler: Bu çalışma, badem kabuğunun potansiyel kullanım alanlarını ve faydalarını göstermektedir. Ancak, daha fazla araştırma ve uygulama gerekmektedir. Aşağıdaki öneriler, badem kabuğunun daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılabilmesi için dikkate alınabilir:

1. Badem kabuğunun Aktif Karbon Üretimi: Aktif karbon üretimi için badem kabuğunun daha fazla optimizasyon çalışması yapılmalı ve aktivasyon yöntemleri üzerinde daha fazla araştırma yapılmalıdır. Bu, daha yüksek spesifik yüzey alanına sahip aktif karbon üretimi için daha verimli ve ekonomik süreçlerin geliştirilmesini sağlayabilir.
2. Antioksidan ve Antiradikal Aktivite: Badem kabuğu ve yan ürünlerinin antioksidan ve antiradikal aktiviteleri üzerinde daha

kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar, aktif bileşiklerin ve mekanizmaların belirlenmesine ve potansiyel sağlık faydalarının daha iyi anlaşılmasına yardımcı olabilir.

3. Malçlama Uygulamaları: Badem kabuğu malçlamasının farklı bitki türleri ve ekosistemler üzerindeki etkileri daha ayrıntılı bir şekilde incelenmelidir. Bitki büyümesi, toprak sağlığı, su tutma kapasitesi gibi parametrelerin yanı sıra ekonomik ve çevresel etkiler de dikkate alınmalıdır. Bu çalışmalar, badem kabuğu malçlamasının daha yaygın olarak kullanılmasını destekleyebilir.

Badem kabuğunun çeşitli kullanım alanlarında potansiyel avantajları olduğu görülmektedir. Ancak, sürdürülebilirlik prensiplerine uygun şekilde yönetilmesi ve daha fazla araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Badem kabuğunun aktif karbon üretimi, antioksidan ve antiradikal aktivite, malçlama gibi alanlarda daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi için daha fazla optimize edilmesi ve değerlendirilmesi önemlidir.

Badem kabuğunun sürdürülebilir bir kaynak olarak kullanılması, çevresel, ekonomik ve sosyal faydalar sunma potansiyeline sahiptir. Ancak, bu potansiyelin gerçekleşmesi için sürdürülebilir kaynak yönetimi, atık yönetimi, ekosistem sağlığı, ekonomik ve sosyal etkilerin değerlendirilmesi gibi konular dikkate alınmalıdır. Ayrıca, badem kabuğu kullanımının yaygınlaştırılması ve kabul edilmesi için eğitim ve farkındalık çalışmalarına da ihtiyaç vardır.

Sürdürülebilirlik Açısından Öneriler:

1. Sürdürülebilir Kaynak Yönetimi: Badem kabuğu ve yan ürünlerinin kullanımı, sürdürülebilir kaynak yönetimi prensipleri doğrultusunda yapılmalıdır. Badem ağaçlarından elde edilen kabuklar, verimli bir şekilde toplanmalı ve işlenmelidir. Ağaçların sağlığı ve verimliliği göz önünde bulundurularak, kabukların uygun bir şekilde alınması ve doğal ekosistemlere zarar vermeden sürdürülebilir bir şekilde kullanılması önemlidir.
2. Atık Yönetimi: Badem kabuğu ve yan ürünlerinin atık yönetimi, sürdürülebilirlik açısından önemli bir konudur. Kabukların geri dönüşümü veya enerji üretimi için kullanılması gibi atık yönetimi stratejileri geliştirilmelidir. Bu, atıkların çevresel etkisini azaltırken

ekonomik değerlendirme sağlayabilir.

3. Ekosistem Sağlığı: Badem kabuğu kullanımının ekosistem sağlığına etkileri dikkate alınmalıdır. Malçlama uygulamaları ekosistemdeki diğer organizmaları etkileyebilir. Bu nedenle, badem kabuğu kullanımının ekosistemdeki biyolojik çeşitlilik ve dengeleri korumak için dikkatli bir şekilde yönetilmesi önemlidir.
4. Ekonomik ve Sosyal Etkiler: Badem kabuğu kullanımının ekonomik ve sosyal etkileri de değerlendirilmelidir. Badem kabuğu üretimi ve işlenmesi yerel ekonomilere katkı sağlayabilir ve istihdam yaratma potansiyeline sahip olabilir. Bu nedenle, badem kabuğu kullanımının yerel ekonomik kalkınma ve sosyal refah açısından faydalarını belirlemek için ekonomik ve sosyal analizler yapılmalıdır.
5. Eğitim ve Farkındalık: Badem kabuğu ve yan ürünlerinin sürdürülebilir kullanımının teşvik edilmesi için eğitim ve farkındalık çalışmaları önemlidir. Tarım uzmanları, çiftçiler ve toplumun genelinde badem kabuğunun potansiyelini vurgulayacak bilgilendirme programları düzenlenmeli ve bilinçlendirme faaliyetleri yürütülmelidir.

Sonuç olarak, badem kabuğu ve yan ürünlerinin farklı alanlarda kullanımının potansiyeli büyüktür. Bu potansiyelin gerçekleşmesi ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılması için daha fazla araştırma, inovasyon ve iş birliği yapılması gerekmektedir. Badem kabuğunun sürdürülebilir bir kaynak olarak kullanılması hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli katkılar sağlayabilir ve tarım sektöründe daha sürdürülebilir bir geleceğin inşa edilmesine yardımcı olabilir.

KAYNAKÇA

- Aktaş, T., Thy, P., Williams, RB, McCaffrey, Z., Khatami, R., & Jenkins, BM. (2015). Characterization of almond processing residues from the Central Valley of California for thermal conversion. *Fuel Processing Technology*, 140, 132-147.
- Alasalvar, C., & Shahidi, F. (2008). Tree Nuts: Composition, Phytochemicals, and Health Effects: An Overview. In *Tree Nuts: Composition, Phytochemicals, and Health Effects* (pp. 1-11). CRC Press/Taylor & Francis Group.
- Anonim. (2022a). Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, 2021. https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/iyi-tarim-uygulamaları-i-85838#_edn1 Erişim tarihi: 23.10.2022.
- Anonim. (2022b). Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, 2021. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Iyi-Tarim-Uygulamaları>. Erişim tarihi: 23.10.2022.
- Anonim. (2022c). Diyarbakır tarımsal yatırım rehberi. https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il_yatirim_rehberleri/diyarbakir.pdf. Erişim tarihi: 01.11.2022.
- Anonim. (2022d). https://www.karacadag.gov.tr/Dokuman/Dosya/www.karacadag.org.tr_193_SC3Y53JJ_diyarbakir_ilinde_organik_tarima_uygun_alanların_be_lirlenmesi_ve_haritalanması.pdf. Erişim tarihi: 01.11.2022.
- Ardejani, F. D., Badii, K., Limaee, N. Y., Mahmoodi, N. M., Arami, M., Shafaei, S. Z., & Mirhabibi, A. R. (2007). Numerical modelling and laboratory studies on the removal of Direct Red 23 and Direct Red 80 dyes from textile effluents using orange peel, a low-cost adsorbent. *Dyes and Pigments*, 73(2), 178-185.
- Arshad, RN, Abdul-Malek, Z., Roobab, Ü., Kureysi, MI, Han, N., Ahmed, MH, Liu, ZW, & Aadil, RM. (2021). Effective Valorization of Food Wastes and By-Products Through Pulsed Electric Field: A Systematic Review. *Journal of Food Process Engineering*, 44, e13629.
- Barreira, J.C.M., Ferreira, I.C.F.R., Oliveira, M.B.P.P., & Pereira, J.A. (2010). Antioxidant potential of chestnut (*Castanea sativa* L.) and almond (*Prunus dulcis* L.) by-products. *Food Sci. Technol. Int.*, 16, 209–216.
- Bartholomew, B.; Monagas, M.; Garrido, I.; Gómez-Cordovés, C.; Martín-Álvarez, PJ; Lebrón-Aguilar, R.; Urpi-Sardà, M.; Llorach, R.; Andrés-Lacueva, C. Almond (*Prunus dulcis* (Mill.) DA Webb) polifenoller: Kimyasal karakterizasyondan insanlarda fenolik metabolitlerin hedeflenen analizine. (2010). *Ark. biyokimya biyografiler*. 501, 124–133.
- Bottone, A., Montoro, P., Masullo, M., Pizza, C., & Piacente, S. (2020). Metabolite profiling and antioxidant activity of the polar fraction of

- Italian almonds (Toritto and Avola): Analysis of seeds, skins, and blanching water. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 190, 1135-18.
- Bulut, Y. (2007). Removal of heavy metals from aqueous solution by sawdust adsorption. *Journal of environmental sciences*, 19(2), 160-166.
- Bulut, Y., & Tez, Z. (2003). Removal of heavy metal ions by modified sawdust of walnut. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12(12).
- Bulut, Y., & Tez, Z. (2007). Adsorption studies on ground shells of hazelnut and almond. *Journal of hazardous materials*, 149(1), 35-41.
- Ç Oruh, S., Geyikçi, F., Kılıç, E., & Çoruh, U. (2014). The use of NARX neural network for modeling of adsorption of zinc ions using activated almond shell as a potential biosorbent. *Bioresource technology*, 151, 406-410.
- Chakraborty, S., De, S., DasGupta, S., & Basu, J. K. (2005). Adsorption study for the removal of a basic dye: experimental and modeling. *Chemosphere*, 58(8), 1079-1086.
- Chalker-Scott, L. (2007). Impact of mulches on landscape plants and the environment—A review. *J. Environ. Hortic.*, 25, 239-249.
- Chen, C. Y., Milbury, P. E., Lapsley, K., & Blumberg, J. B. (2005). Flavonoids from almond skins are bioavailable and act synergistically with vitamins C and E to enhance hamster and human LDL resistance to oxidation. *The journal of nutrition*, 135(6), 1366-1373.
- Čolić, S. D., Akšić, M. M. F., Lazarević, K. B., Zec, G. N., Gašić, U. M., Zagorac, D. Č. D., & Natić, M. M. (2017). Fatty acid and phenolic profiles of almond grown in Serbia. *Food Chemistry*, 234, 455-463.
- Comas, J. F., & Segura, J. M. A. (2019). La dureza de la cáscara y el rendimiento en pepita en la almendra. *Revista de fruticultura*, (68), 18-29.
- Demirbaş, A. (2002). Zeytin kabuğu ve ceviz, fındık, ayçiçeği ve badem kabuklarının yakıt özellikleri. *Enerji Kaynakları*, 24, 215-221.
- Esfahlan, A.J.; Jamei, R.; Esfahlan, R.J. (2010). The importance of almond (*Prunus amygdalus L.*) and its by-products. *Food Chem.*, 120, 349-360.
- FAO. (2022). Crop production statistics. Erişim tarihi: 01.02.2023, www.fao.gov.
- Frison-Norrie, S., & Sporns, P. (2002). Identification and quantification of flavonol glycosides in almond seedcoats using MALDI-TOF MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 2782-2787.
- Gaballah, I., & Kilbertus, G. (1998). Recovery of heavy metal ions through decontamination of synthetic solutions and industrial effluents using modified barks. *Journal of Geochemical Exploration*, 62(1-3), 241-286.
- Garcia-Perez, P., Xiao, J., Munekata, P. E., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Rajoka, M. S. R., ... & Simal-Gandara, J. (2021). Revalorization of almond by-products for the design of novel functional foods: An updated review. *Foods*, 10(8), 1823.

- Garrido, I., Monagas, M., Gómez-Cordovés, C., & Bartolomé, B. (2008). Polyphenols and antioxidant properties of almond skins: Influence of industrial processing. *J. Food Sci.*, 73, C106–C115.
- Gökmen, V., & Serpen, A. (2002). Equilibrium and kinetic studies on the adsorption of dark colored compounds from apple juice using adsorbent resin. *Journal of Food Engineering*, 53(3), 221-227.
- Gong, R., Ding, Y., Li, M., Yang, C., Liu, H., & Sun, Y. (2005). Utilization of powdered peanut hull as biosorbent for removal of anionic dyes from aqueous solution. *Dyes and Pigments*, 64(3), 187-192.
- Gradziel, T. M. (2009). Almond (*Prunus dulcis*) breeding. *Breeding plantation tree crops: temperate species*, 1-31.
- Gupta, A., Sharma, R., & Sharma, S. (2020). Almond. In *Antioxidants in Vegetables and Nuts-Properties and Health Benefits*; Nayik, G.A., Gull, A., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 423–452.
- Harrison, K., & Were, L. M. (2007). Effect of gamma irradiation on total phenolic content yield and antioxidant capacity of almond skin extracts. *Food Chemistry*, 102(3), 932-937.
- Hasar, H. (2003). Adsorption of nickel (II) from aqueous solution onto activated carbon prepared from almond husk. *Journal of hazardous materials*, 97(1-3), 49-57.
- Heim, K. E., Tagliaferro, A. R., & Bobilya, D. J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of nutritional biochemistry*, 13(10), 572-584.
- Homedes, J. M., Roura, E., Keim, N. L., & Brown, D. L. (1993). Almond hulls in Swiss diet reduce diet fat. *California Agriculture*, 47, 27–28.
- İzgi, M. S., Saka, C., Baytar, O., Saraçoğlu, G., & Şahin, Ö. (2019). Preparation and characterization of activated carbon from microwave and conventional heated almond shells using phosphoric acid activation. *Analytical Letters*, 52(5), 772-789.
- Krist, S., & Krist, S. (2020). Almond oil. *Vegetable Fats and Oils*, 41-48.
- Küden, A. B., Küden, A., Bayazit, S., Çömlekçiöğlü, Ç., İmrak, B., & Rehber, Y. D. (2000). *Badem Yetiştiriciliği*. TÜBİTAK-Tarp Yayınları, 18s.
- Ledbetter, C. A. (2008). Shell cracking strength in almond (*Prunus dulcis* [Mill.] DA Webb.) and its implication in uses as a value-added product. *Bioresource Technology*, 99(13), 5567-5573.
- Li, X., Liu, Y., Hao, J., & Wang, W. (2018). Study of almond shell characteristics. *Materials*, 11, 1782.
- López, R., Burgos, P., Hermoso, J. M., Hormaza, J. I., & González-Fernández, J. J. (2014). Long term changes in soil properties and enzyme activities after almond shell mulching in avocado organic production. *Soil and Tillage Research*, 143, 155-163.
- Mandalari, G., Faulks, R. M., Bisignano, C., Waldron, K. W., Narbad, A., & Wickham, M. S. J. (2010). In vitro evaluation of the prebiotic properties

- of almond skins (*Amygdalus communis* L.). *FEMS Microbiology Letters*, 304, 116–122.
- Martinez, J. M., Granado, J. M., Montane, D., Salvado, J., & Farriol, X. (1995). Fractionation of residual lignocellulosics by dilute-acid prehydrolysis and alkaline extraction: application to almond shells. *Bioresource Technology*, 52(1), 59–67.
- Mo, J., Yang, Q., Zhang, N., Zhang, W., Zheng, Y., & Zhang, Z. (2018). A review on agro-industrial waste (AIW) derived adsorbents for water and wastewater treatment. *Journal of Environmental Management*, 227, 395–405.
- Monagas, M., Garrido, I., Lebrón-Aguilar, R., Bartholomew, B., & Gómez-Cordovés, C. (2007). Almond (*Prunus dulcis* (Mill.) DA Webb) potansiyel bir biyoaktif polifenol kaynağı olarak deriler. *J. Agric. Gıda Kimyası*, 55, 8498–8507.
- Pirayesh, H., & Khazaeian, A. (2012). Using almond (*Prunus amygdalus* L.) shell as a bio-waste resource in wood based composite. *Composites Part B: Engineering*, 43(3), 1475–1479.
- Rabinowitz, I. N. (2004). Dietary fiber, process for preparing it, and augmented dietary fiber from almond hulls. US Patent, 18255.
- Ricordel, S., Taha, S., Cisse, I., & Dorange, G. (2001). Heavy metals removal by adsorption onto peanut husks carbon: characterization, kinetic study and modeling. *Separation and Purification Technology*, 24(3), 389–401.
- Rodríguez, S. L., & Raghavan, V. (2021). Green Extraction Techniques from Fruit and Vegetable Waste to Obtain Bioactive Compounds—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62, 6446–6466.
- Roncero, J. M., Álvarez-Ortí, M., Pardo-Giménez, A., Rabadán, A., & Pardo, J. E. (2020). Review about Non-Lipid Components and Minor Fat-Soluble Bioactive Compounds of Almond Kernel. *Foods*, 9, 1646.
- Rudra, S. G., Nishad, J., Jakhar, N., & Kaur, C. (2015). Food Industry Waste: Mine of Nutraceuticals. *International Journal of Science and Environment*, 4, 205–229.
- Sabbatini, A., Lanari, S., Santulli, C., & Pettinari, C. (2017). Use of almond shells and rice husk as fillers of poly(Methyl Methacrylate) (PMMA) composites. *Materials*, 10, 872.
- Siriwardhana, S. S., & Shahidi, F. (2002). Antiradical activity of extracts of almond and its by-products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79, 903–908.
- Subhashinee, S. S. K. W., Amarowicz, R., & Shahidi, F. (2006). Antioxidant activity of almonds and their by-products in food model systems. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83, 223–230.
- Takeoka, G. R., & Dao, L. T. (2003). Antioxidant constituents of almond [*Prunus dulcis* (Mill.) DA Webb] hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(2), 496–501.

- Taş, N. G., & Gökmen, V. (2017). Phenolic compounds in natural and roasted nuts and their skins: A brief review. *Current Opinion in Food Science*, 14, 103-109.
- Thodberg, S., Del Cueto, J., Mazzeo, R., Pavan, S., Lotti, C., Dicenta, F., Neilson, E. H. J., Møller, B. L., & Sánchez-Pérez, R. (2018). Elucidation of the amygdalin pathway reveals the metabolic basis of bitter and sweet almonds (*Prunus dulcis*). *Plant Physiology*, 178, 1096-1111.
- Urrestarazu, M., & Mazuela, P. C. (2005). Effect of slow-release oxygen supply by fertigation on horticultural crops under soilless culture. *Scientia Horticulturae*, 106(4), 484-490.
- Urrestarazu, M., Martinez, G. A., & del Carmen Salas, M. (2005). Almond shell waste: possible local rockwool substitute in soilless crop culture. *Scientia Horticulturae*, 103(4), 453-460.
- Urrestarazu, M., Mazuela, P. C., & Martinez, G. A. (2008). Kavun ve Domates Bitkilerinin Verimi ve Özellikleri Üzerinde Substrat Yeniden Kullanımının Etkisi. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 2031-2043.
- Valdés, A., Vidal, L., Beltrán, A., Canals, A., & Garrigós, M. C. (2015). Microwave-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Almond Skin Byproducts (*Prunus amygdalus*): A Multivariate Analysis Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 5395-5402
- Valverde, M., Madrid, R., García, A. L., del Amor Saavedra, F. M., & Sánchez, L. F. R. (2013). Use of almond shell and almond hull as substrates for sweet pepper cultivation. Effects on fruit yield and mineral content. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(1), 164-172.

BÖLÜM 14

FARKLI EKOLOJİLERDE YETİŞEN KESTANELERDE (*Castanea sativa* Mill.) MORFOLOJİK VE MİKROMORFOLOJİK DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Haydar KURT¹
Dr. Öğr. Üyesi Adnan DOĐAN²

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Van, Türkiye. haydarkurt@yyu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-4637-1996

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Van, Türkiye. adnandogan@yyu.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-0349-3846

GİRİŞ

Kestane cinsi içine giren 13 tür vardır. Bunlardan *Castanea sativa* Mill. (Avrupa Kestanesi) Anadolu da doğal olarak yetişen türdür (Erdem, 1951; Kayacık, 1981; Yaltırık, 1993; Yılmaz, 2014). Anadolu kestanesi kayıngiller familyası içerisinde yer almaktadır. *Fagaceae* Familyasına ait olan Anadolu kestanesi *Castanea* cinsinin, *Castanea* spp türü olarak bilinmektedir. Kestaneler 30-35 metre boylanan uzun ömürlü bitkilerdir. Kestaneler 1.5-2m çap oluşturabilen güçlü gövdelidir. Kestane (*Castanea sativa* Mill) geniş uzun oymalı ve testere dişli yapraklara sahiptir. Yaprakların üst yüzeyleri pürüzsüz ve parlak renklidir. Yaprak alt yüzeyleri ise damarlı ve genellikle tüylüdür. Kestaneler kışın yaprağını döken ılıman iklim meyve türleri içerisinde yer almaktadır. Anadolu kestanesi karışık tomurcuk tipine sahiptir. Sürgün ve sürgünlerde bulunan çiçek püskülleri çok belirgindir. Anadolu kestanesinde bir birinden farklı iki çiçek püskülü mevcuttur. Yayvan bir taç yaparlar. Genç gövdelerde kabuk oldukça düzgün ve pürüzsüzdür, yaşlı gövdelerde ise derin çatlaklar oluşmuştur (Yaltırık, 1993; Subaşı, 2004). Türkiye ekolojisinde kestane yedi aylık bir vejetasyon süresine ihtiyaç duymaktadır. Kestanelerin çiçeklenebilmesi için sıcaklığın 15-18 °C civarında olması gerekir. Sonbaharda meyvelerini olgunlaştırabilmesi için de sıcak bir iklime ihtiyaç duyar. Kestaneler kış mevsimindeki düşük sıcaklıklardan çok fazla etkilenmese de ilkbaharın geç kalmış ve sonbaharın erken gelen donlarından olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Kestane üretiminde don zararının etkilerinden korunabilmek için gece ve gündüz sıcaklık farkının fazla olduğu güney yönler yerine sıcaklık farkının daha az olduğu kuzey yönler tercih edilir (Soylu, 2004). Türkiye coğrafyasında kestane Doğu Karadeniz Bölgesinden başlayarak kıyı şeridi boyunca yayılım göstererek, Marmara ve Ege bölgesini de kapsayarak Antalya kıyılarına kadar uzanmaktadır (Soylu, 1984). Kestane Rize’de 1700-1800m rakıma kadar yayılış göstermektedir. Kestane Ege ve Akdeniz Bölgelerinde lokal alanlarda yayılış gösterir.

Kestane ülkemiz için büyük bir potansiyele sahip olan önemli meyve türlerindedir. Bu meyve türü doğal yayılış alanlarında önemli geçim kaynaklarından birisidir. Üretmiş olduğumuz kestanenin büyük çoğunluğu iç pazarda değerlendirilmekte olup çok azı ihraç edilmektedir. Diğer meyvelere nazaran iç pazarda sonbahar-ilkbahar aralığında yüksek fiyatla satılabilmektedir (Soylu, 1984). Kestane ağaç varlığımızın büyük

çoğunluğunun kaynağı tohumdan yetişen çöğür ağaçlar olduğu söylenebilir. Bu popülasyonlardan üstün özelliklere sahip olan tipler yetiştiriciler tarafından seçilerek kültüre alınmış, bunlardan kaliteli ve verimli yerel çeşitler geliştirilmiştir (Soylu, 1981).

Tüm bitki organları arasında yaprak, çevre koşullarına tepki vermede en esnek olanıdır. Yaprığın yapısı, çevresel stres ve heterojenliğin etkisini gövde ve köklerden daha net yansıtır (Levitt, 1980). Yaprak yapısı, bitkilerin belirli habitatlardaki performansı için önemli etkilere sahiptir (Garnier ve ark., 1999). Hem türler arasında hem de tür içinde, yaprak boyutu ve birim yaprak alanı başına kütle gibi plastik tepkiler de dahil olmak üzere, yapraklar yapı bakımından farklılıklara sahiptir (Gutschick, 1999).

Hayatın devamı için özel bir öneme sahip olan bitkiler ekolojik dengenin doğal yapıtaşlarıdır. Fotosentez sayesinde bitkiler canlıların hayatiyetlerini idame ettirebilmeleri için ihtiyaç duyulan bazı besin maddeleri ve oksijeni üretirken, yaprak yüzeylerinden transpirasyon yoluyla fizyolojik faaliyetlerinin ve doğadaki su döngüsünün devamlılığına katkıda bulunur. Canlı hayatının sürekliliğini sağlayan bu fizyolojik faaliyetlerin meydana gelmesinde stomalar ve klorofil çok önemli rol oynamaktadır. Kestanelerde yaprakların alt yüzeylerinde bulunan stomalar bitkiler ve atmosfer arasındaki su buharı, oksijen (O₂) ve karbondioksit (CO₂), transferini sağlayarak transpirasyon ve fotosentezi yönlendirmektedirler. Bitkilerdeki su kaybının %85-90'ı stomalardan buhar halinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle bitki-su dengesinin düzenlenmesinde stomaların rolü çok önemlidir (Yentür, 1995; Dickison, 2000). Bitki-su dengesi bitkilerin adaptasyon yetenekleri, verimliliği, ürün kalitesi ve fizyolojik faaliyetleri üzerine etkili olan faktörlerden biridir. Yapraklardaki stomaların boyutları ve yoğunlukları bitkilerdeki fotosentez ve transpirasyon gibi hayati önem taşıyan fizyolojik olaylar, bitki-su dengesi ve farklı çevre şartlarına uyum kabiliyetlerinin ortaya konmasında önemli role sahiptirler (Loveys ve Kriedeman, 1973; Ohsinu ve ark., 2007; Yousufzai ve ark., 2009; Arminian ve ark., 2010; Sarwar ve ark., 2013). Bitkilerin yapraklarında bulunan stomaların yoğunluk ve boyutları tür ve çeşide, vejetatif gelişme gücü, bakım koşulları ve çevre şartlarına göre farklılık gösterebilecekleri değişik araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Iotsova-Baurenska, 1975; Rana ve ark., 1990; Mısırlı ve Aksoy, 1994; Çağlar ve ark., 2004; Ilgın ve Çağlar, 2009; Özdikmenli, 2019).

Klorofiller fotosentezin gerçekleşmesinde en aktif rol alan pigmentlerdir. Fotosentezin gerçekleşmesinde klorofiller ışık enerjisini tutarak fotosentezin farklı kademelerinde katalizör işlevi yapar (Kaçar ve ark., 2006). Klorofilin yapraklardaki oranı hayat formu, mevsimler ve ışık şartlarına bağlı olarak çok sayıda faktörün birlikte etkisi ile geniş değişkenlik göstermektedir (Kutbay ve Kılınç, 1992). Yaprakta absorbe edilen ışık miktarı ile klorofil yoğunluğu arasında doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak klorofil miktarının direkt olarak fotosentez yoğunluğu ve karbonhidrat üretimini etkilediği rapor edilmiştir (Curran ve ark., 1990; Kutbay ve Kılınç, 1992).

Bitkilerdeki besin elementi eksikliği, stres durumu ve fizyolojik faaliyetler yapraklardaki klorofil miktarı üzerine önemli derecede etki etmektedir (Penuelas ve ark., 1995; Marschner, 1995). Kestanelerde klorofil miktarlarının belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmalar yok denecek kadar azdır. Kültürel uygulamalar, stres koşulları, beslenme durumu ve ekolojik koşullar asma yapraklarındaki klorofil miktarını etkilediğinden dolayı üzüm verim ve kalitesini de direkt olarak etkilemektedir (Dardeniz ve ark., 2012).

Bu çalışmanın amacı, iki farklı ekoloji ve yükseltide Trabzon ve Hizan (Bitlis) yöresinde yetiştirilen kestane genotiplerinde morfolojik özellikler, stoma özellik ve yoğunluk değişimleri ve klorofil miktarlarını yani SPAD değerlerini tespit etmektir. Aynı zamanda belirlenen özelliklerin rakım ve ekolojisinin etkisini kıyaslamak çalışmanın kapsamı içerisinde yer almaktadır.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

1.1. Materyal

Çalışma Trabzon ve Hizan (Bitlis) yöresinde yetişen kestane (*Castanea sativa* Mill.) türü üzerine; morfolojik ve mikromorfolojik karakterlerin ekoloji ve rakıma bağlı olarak değişimleri araştırılmıştır. Trabzon'dan örneklenen kestaneler 500-550 m rakım değerine sahipken Hizan ilçesinden örneklenen kestane genotipleri 1500-1600 m rakım değerlerine sahiptirler. Ölçüm için gerekli numuneler türe ait yeşil yapraklarından alınmıştır. Yapılan morfolojik ve mikromorfolojik incelemeler için örnekler uygun boyutlara getirilerek gerekli şartlar sağlanmıştır. Bu çalışmada Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü laboratuvarlarından ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'ndan yararlanılmıştır.

1.2. Yöntem

Bu çalışma, 2020-2021 yıllarında, *Castanea sativa* Mill. türünde büyüme periyodunu tamamlamış olan yapraklardan alınan örneklerle eylül ayında yapılmıştır. Trabzon ilinde yetişen 5 genotip, Hizan (Bitlis) ilçesinde yetişen 5 genotip çalışmaya konu teşkil etmiştir. Araştırma arazi çalışması ve laboratuvar çalışmasından oluşmaktadır.

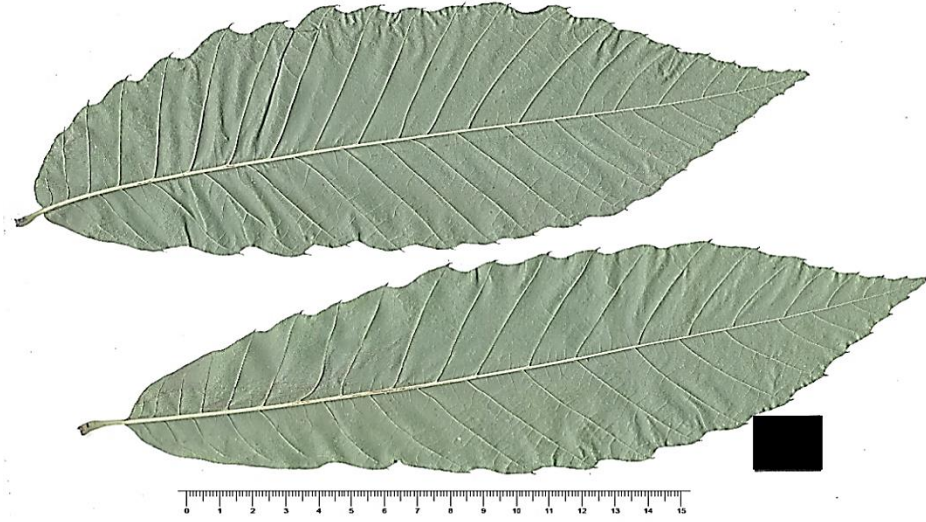
Arazi çalışmaları belirlenen genotiplere ait yaprak örneklerinin alınması, tasnifi numaralandırılması ve preslenmesi şeklinde yapılmıştır.

Laboratuvar morfolojik ve mikromorfolojik gerekli ölçüm ve değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır. Araziden toplanan yaprak örneklerinin standart presleme işlemi ile preslenmesi, fotoğraflarının çekilmesi, ölçümlerinin yapılması ve SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile stomal yapılarının incelenmesi ve gerekli ölçüm ve değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır.

Söz konusu ekolojilerden bu noktalardan her genotipi temsil eden ağaçtan 50'er adet yaprak toplanmış, numaralandırmak suretiyle ayrı ayrı muhafaza edilip laboratuvar ortamına getirilmiştir.

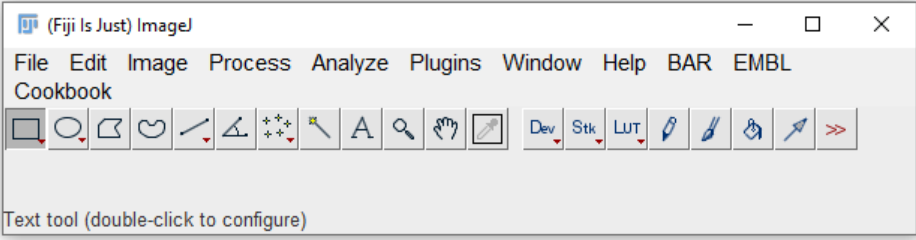
1.3. Morfolojik ölçüm işlemlerinin yapılması

Alınan yaprak örnekleri, sağlıklı olarak ölçüm işlemlerinin yapılabilmesi amacıyla standart presleme işlemleri yapılarak Laboratuvar ortamında kurutulmuştur. Kurutma aşamasında bitkilerde çürüme, mantar vb. olmaması için gazete kâğıtları belirli aralıklarla değiştirilmiştir. Ölçek oluşturması amacıyla kurutulan yaprakların yanlarına cetvel konularak fotoğrafları çekilmiş ve “.jpeg” uzantılı dosyalar elde edilmiştir (Şekil 1.1).



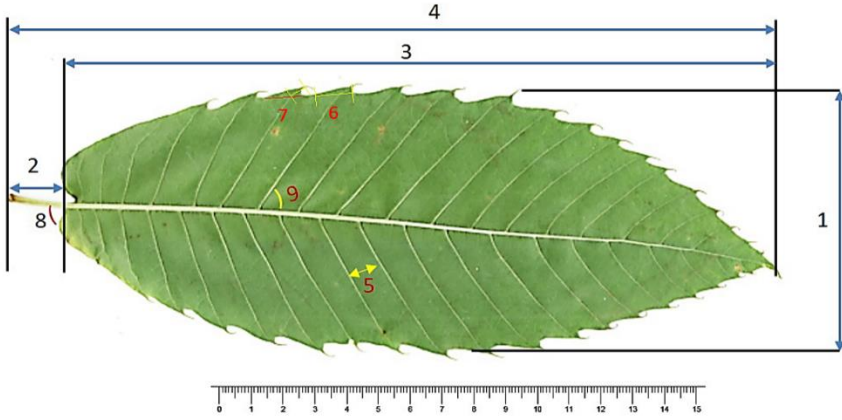
Şekil 1.1. Kestane yapraklarının ölçeklenmesi.

Ölçeklendirilerek çekilen yaprak fotoğrafları üzerinden yaprakların 9 farklı morfometrik parametresi “imageJ” bilgisayar ölçüm programı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. ImageJ görüntü analiz programı

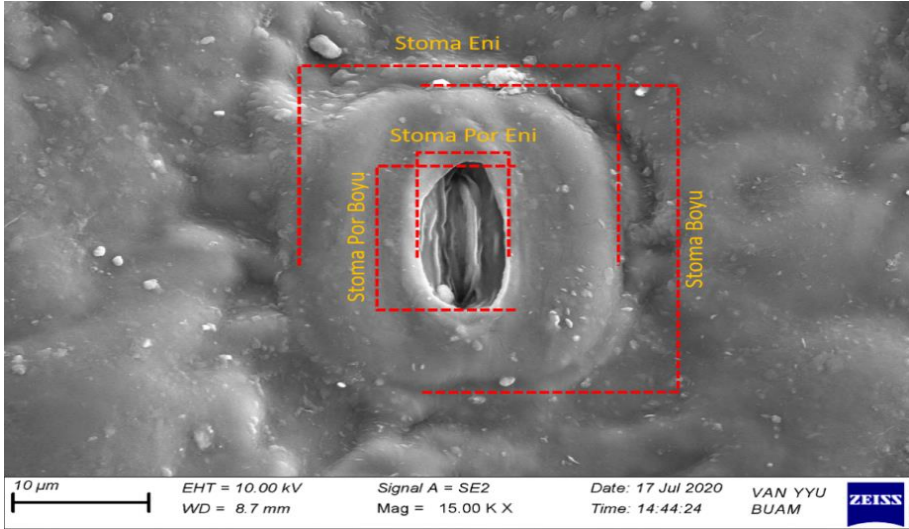
Ölçümlenen parametreler; yaprak genişliği (1), yaprak sapı uzunluğu (2), yaprak uzunluğu (3), sapla birlikte yaprak uzunluğu (4), yanıl damarlar arasındaki mesafe (5), dış genişliği (6), dış uzunluğu (7), yaprak sapı açısı (8) ve ana damar ile yan damar arasındaki açı (9) olarak belirlenmiştir (Şekil 1.3.).



Şekil 1.3. Ölçümlenen parametrelerin yaprak üzerinde gösterimi

1.4. Mikromorfolojik ölçüm işlemlerinin yapılması

Farklı iki ekolojiden 10 farklı kestane genotipinin ağaçlarından toplanan yaprak örneklerinde stomalar incelenmiştir.



Şekil 1.4. Stoma incelemesi ve ölçülen karakterler

Çalışmada SEM (Scanning Electron Microscope = Taramalı Elektron Mikroskobu) kullanılmıştır. Elde edilen görüntüler üzerinde “ImageJ” bilgisayar görüntü analiz programı kullanılarak; Stoma yoğunluğu (sayısı), SB

(Stoma Boyu), SE (Stoma Eni), SPB (Stoma Por Açıklığı Boyu), SPE (Stoma Por Açıklığı Eni) ve SE/SB: (Stoma eni/Stoma boyu) µm birimi ile ölçümlenmiştir. Bu değerler her bir genotipin yaprak örneğinde tesadüfen alınan 10 tane stoma görüntüsünün boyutlarının ölçülmesi sonucu elde edilmiştir. Stoma yoğunluğu birim alandaki stomaların sayılması (mm²) oranlanması ile belirlenmiştir.

1.5. İstatistik Analizler

Tüm karakterler için elde edilen veriler SPSS 20.0 paket programı yardımıyla değerlendirilmiş, verilere varyans analizi uygulanmış, istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0.05$) farklılıklar bulunan verilere Duncan testi uygulanarak homojen gruplar elde edilmiştir. Elde edilen veriler sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

2. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada iki farklı ekoloji ve yükseltide doğal olarak yayılış gösteren incelemeye konu kestane genotipleri farklı ekoloji ve rakım durumlarına göre morfolojik ve mikromorfolojik karakterlerin değişimleri değerlendirilmiştir. Farklı yükseltiye sahip ekolojilerden alınan değerlendirmeye konu kestane genotiplerine ait ölçülen değerlere varyans analizi uygulanmış ve analiz sonuçları Tablo 2.1-2.3'de verilmiştir.

Farklı rakım basamaklarına göre yapılan varyans analizi sonucunda; morfolojik karakterlerden yaprak eni ve yaprak dış boyu üzerine farklı ekolojilerin ve rakımın etkili olmadığı belirlenmiştir. Ancak çalışılmış diğer karakterler olan yaprak boyu, yaprak eni/boyu, yaprak sapı uzunluğu, yaprak+sap uzunluğu, ölçüme dayalı alan (en x boy), pixel alan, 10-13 damarlar arası uzunluk, yaprak dış eni, ana damar ile yan damar arasındaki açı, yaprak sapı açısı, yan damarlar arası uzunluk, yaprak renk değerlerinden l*, a* ve b*, stoma yoğunluğu (sayısı), stoma boyu, stoma eni, por boyu ve por eni üzerinde istatistiki anlamda fark görülmüş olup rakımın ve ekolojinin etkili olduğu belirlenmiştir. Bu etki oranının belirlenmesi için karakterlere Duncan testi uygulanmıştır (Tablo 2.1-2.3).

Tablo 2.1. Farklı ekolojilerin ölçümlenen değerler üzerine etkisi

Yaprak eni	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	134.841	1	134.841	3.72 ^{ÖD}
	B: Genotip	3602.93	4	900.732	24.86 ***
	İnteraksiyon				
	AB	1907.42	4	476.855	13.16 ***
	Hata	1449.36	40	36.2341	
	Toplam	7094.55	49		
Yaprak Boyu	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	42206.2	1	42206.2	127.72 ***
	B: Genotip	15597.9	4	3899.48	11.82 ***
	İnteraksiyon				
	AB	15179.0	4	3794.75	11.48 ***
	Hata	13218.5	40	330.463	
	Toplam	86201.6	49		
Yaprak Eni/Boyu	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	0.0666016	1	0.0666016	117.28 ***
	B: Genotip	0.0186267	4	0.00465667	8.20 ***
	İnteraksiyon				
	AB	0.0118229	4	0.00295573	5.20 ***
	Hata	0.0227161	40	0.000567903	
	Toplam	0.119767	49		
Yaprak Sapağı Uzunluğu	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	260.011	1	260.011	35.18 ***
	B: Genotip	162.959	4	40.7397	5.51 **
	İnteraksiyon				
	AB	118.373	4	29.5932	4.00 **
	Hata	295.648	40	7.39121	
	Toplam	836.991	49		
Yaprak + Sap Uzunluğu	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	36206.9	1	36206.9	96.47 ***
	B: Genotip	17770.9	4	4442.74	11.84 ***
	İnteraksiyon				
	AB	15368.9	4	3842.22	10.24 ***
	Hata	15013.0	40	375.324	
	Toplam	84359.6	49		
Ölçüme dayalı alan (Boy x En)	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	26313.0	1	26313.0	49.57 ***
	B: Genotip	38342.2	4	9585.56	18.06 ***
	İnteraksiyon				
	AB	28231.6	4	7057.91	13.30 ***
	Hata	21234.1	40	530.853	
	Toplam	114121.	49		
Pixel alan	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	10042.9	1	10042.9	38.48 ***
	B: Genotip	21916.1	4	5479.03	20.99 ***
	İnteraksiyon				
	AB	13297.2	4	3324.3	12.74 ***
	Hata	10440.8	40	261.019	
	Toplam	55697.0	49		

*: p<0.05 düzeyinde önemli, **: p<0.01 düzeyinde önemli, ***: p<0.001 düzeyinde önemli, Ö.D: Önemli değil

Tablo 2.2. Farklı ekolojilerin ölçümlenen değerler üzerine etkisi

	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	L* değeri	A: Ekoloji (Rakım)	1520.62	1	1520.62
B: Genotip		171.392	4	42.848	9.65 ***
İnteraksiyon					
AB		128.113	4	32.0282	7.21 ***
Hata		177.67	40	4.44174	
Toplam		1997.79	49		
a* değeri		Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması
	A: Ekoloji (Rakım)	407.864	1	407.864	88.27 ***
	B: Genotip	221.183	4	55.2958	11.97 ***
	İnteraksiyon				
	AB	14.089	4	3.52226	0.76 ^{Ö.D}
	Hata	184.815	40	4.62038	
	Toplam	827.951	49		
b* değeri	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	791.439	1	791.439	149.99 ***
	B: Genotip	317.032	4	79.258	15.02 ***
	İnteraksiyon				
	AB	95.3454	4	23.8363	4.52 **
	Hata	211.058	40	5.27646	
	Toplam	1414.88	49		
10-13 damarlar arası uzunluk	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	107.179	1	107.179	97.59 ***
	B: Genotip	25.3045	4	6.32613	5.76 ***
	İnteraksiyon				
	AB	28.1226	4	7.03065	6.40 **
	Hata	43.9291	40	1.09823	
	Toplam	204.536	49		
Yaprak dış eni	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	196.456	1	196.456	45.70 ***
	B: Genotip	81.2007	4	20.3002	4.72 **
	İnteraksiyon				
	AB	44.4332	4	11.1083	2.58 ^{Ö.D.}
	Hata	171.934	40	4.29836	
	Toplam	494.024	49		
Yaprak dış boyu	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	0.385442	1	0.385442	0.61 ^{Ö.D.}
	B: Genotip	22.7878	4	5.69694	8.95 ***
	İnteraksiyon				
	AB	2.79752	4	0.699379	0.37 ^{Ö.D.}
	Hata	25.4718	40	0.636795	
	Toplam	51.4425	49		
Ana ve yan damar	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	278.48	1	278.48	16.93 ***
	B: Genotip	188.78	4	47.195	2.87 *
	İnteraksiyon				
	AB	139.42	4	34.855	2.12 ^{Ö.D.}
	Hata	658.1	40	16.4525	
	Toplam	1264.78	49		

*: p<0.05 düzeyinde önemli, **: p<0.01 düzeyinde önemli, ***: p<0.001 düzeyinde önemli, Ö.D: Önemli değil

Tablo 2.3. Farklı ekolojilerin ölçümlenen değerler üzerine etkisi

Yaprak sapı açısı	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	24244.0	1	24244.0	106.92 ***
B: Genotip	833.53	4	208.382	0.92 ^{Ö.D.}	
İnteraksiyon					
AB	227.23	4	56.8075	0.25 ^{Ö.D.}	
Hata	9070.0	40	226.75		
Toplam	34374.8	49			
Stoma Sayısı	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	259987.	1	28887.5	11.92 ***
B: Genotip	877.322	4	877.322	2.82 *	
İnteraksiyon					
AB	2.79752	4	25312.4	10.28 ***	
Hata	21802.4	40	2422.49		
Toplam	282667.	49			
Stoma boyu	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	23.3254	4	5.89564	2.66 *
B: Genotip	22.7878	4	5.69694	8.95 ***	
İnteraksiyon					
AB	2.79752	4	0.699379	0.37 ^{Ö.D.}	
Hata	25.4718	40	0.636795		
Toplam	51.4425	49			
Stoma eni	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	529.231	1	529.231	272.93 ***
B: Genotip	71.9089	4	17.9772	9.27 ***	
İnteraksiyon					
AB	185.916	4	46.479	23.97 ***	
Hata	77.5634	40	1.93908		
Toplam	864.619	49			
Stoma por boyu	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	85.3863	1	85.3863	43.25 ***
B: Genotip	21.7167	4	5.42918	2.75 *	
İnteraksiyon					
AB	87.0343	4	21.7586	11.02 ***	
Hata	78.9704	40	1.97426		
Toplam	273.108	49			
Stoma por eni	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	64.9344	1	64.9344	96.59 ***
B: Genotip	11.2143	4	2.80358	4.17 **	
İnteraksiyon					
AB	17.6229	4	4.40571	6.55 ***	
Hata	26.8897	40	0.672242		
Toplam	120.661	49			
Klorofil Miktarı (SPAD)	Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F değeri
	A: Ekoloji (Rakım)	136.455	1	136.455	23.64 ***
B: Genotip	459.331	4	114.833	19.89 ***	
İnteraksiyon					
AB	101.271	4	25.3177	4.39 **	
Hata	230.924	40	5.7731		
Toplam	927.981	49			

*: p<0.05 düzeyinde önemli, **: p<0.01 düzeyinde önemli, ***: p<0.001 düzeyinde önemli, Ö.D: Önemli değil

Tablo 2.4. Farklı ekolojilerin ölçümlenen değerlerin genotipler açısından analizi

Yaprak Eni (mm)				Yaprak Boyu (mm)			
Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama	Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama
H-1	75.96±2.63 a	T-1	71.08±1.51 c	H-1	210.85±5.72 a	T-1	267.24±8.63 a
H-2	58.01±2.71 b	T-2	83.40±2.82 a	H-2	156.23±6.24 b	T-2	268.96±11.05 a
H-3	53.51±3.03 b	T-3	61.14±2.66 d	H-3	152.53±9.50 b	T-3	224.16±7.01 b
H-4	83.47±4.60 a	T-4	74.31±2.12 bc	H-4	203.53±12.70 a	T-4	247.08±6.60 ab
H-5	83.01±1.88 a	T-5	80.44±1.62 ab	H-5	227.61±6.65 a	T-5	233.85±2.11 b
Toplam	70.79±2.87 Ö.D→	Toplam	74.07±1.83	Toplam	190.15±7.10 B	Toplam	248.26±4.79 A

Yaprak En/Boy Oranı				Yaprak Sap uzunluğu (mm)			
Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama	Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama
H-1	0.36±0.01 b	T-1	0.27±0.01 c	H-1	23.11±1.29 a	T-1	15.19±0.09 a
H-2	0.37±0.01 b	T-2	0.31±0.02 b	H-2	15.98±2.24 b	T-2	12.78±1.15 ab
H-3	0.35±0.00 b	T-3	0.27±0.01 c	H-3	18.68±1.32 ab	T-3	11.79±1.41 b
H-4	0.41±0.01 a	T-4	0.30±0.00 b	H-4	14.98±1.10 b	T-4	15.70±0.80 a
H-5	0.37±0.01 b	T-5	0.34±0.01 a	H-5	20.63±0.94 a	T-5	15.13±0.53 a
Toplam	0.37±0.01 Ö.D→	Toplam	0.30±0.01	Toplam	18.68±0.85	Toplam	14.12±0.49

Yaprak Boy+Sap Uzunluğu (mm)				Ölçüme Dayalı Yaprak Alanı (cm ²)			
Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama	Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama
H-1	233.14±6.85 ab	T-1	282.70±8.29 a	H-1	160.32±8.09 a	T-1	190.19±8.37 b
H-2	172.14±7.63 c	T-2	281.86±11.41 a	H-2	91.07±7.10 b	T-2	224.30±11.94 a
H-3	171.59±11.54 c	T-3	235.95±6.19 c	H-3	82.77±9.77 b	T-3	137.73±10.49 c
H-4	218.14±13.28 b	T-4	262.78±6.46 ab	H-4	171.85±18.57 a	T-4	184.17±10.47 b
H-5	248.16±7.17 a	T-5	248.98±2.37 bc	H-5	189.05±7.65 a	T-5	188.08±3.79 b
Toplam	208.64±7.54 B	Toplam	262.46±4.84 A	Toplam	139.01±9.98 B	Toplam	184.89±6.83 A

Pixel Yaprak Alanı (cm ²)				L* renk değeri			
Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama	Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama
H-1	233.14±6.85 ab	T-1	144.75±9.84 ab	H-1	27.66±0.79 b	T-1	44.28±0.77 a
H-2	172.14±7.63 c	T-2	153.56±6.02 a	H-2	34.58±2.16 a	T-2	43.76±0.49 a
H-3	171.59±11.54 c	T-3	97.13±5.33 c	H-3	33.38±0.76 a	T-3	43.24±0.96 a
H-4	218.14±13.28 b	T-4	126.31±5.80 b	H-4	33.38±0.76 a	T-4	40.70±0.36 b
H-5	248.16±7.17 a	T-5	133.41±2.49 b	H-5	27.79±0.67 b	T-5	39.97±0.30 b
Toplam	208.64±7.54 A	Toplam	131.03±4.72 B	Toplam	31.36±0.78 B	Toplam	42.39±0.44 A

a* renk değeri				b* renk değeri			
Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama	Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama
H-1	-13.25±1.15 b	T-1	-9.16±0.17 c	H-1	14.02±1.54 b	T-1	9.20±0.54 a
H-2	-14.98±0.74 b	T-2	-8.68±0.32 c	H-2	19.10±0.29 a	T-2	6.76±0.72 ab
H-3	-14.76±0.64 b	T-3	-7.77±1.14 bc	H-3	17.44±1.07 a	T-3	7.54±1.82 a
H-4	-10.32±0.69 a	T-4	-5.43±0.12 ab	H-4	10.25±0.41 c	T-4	4.24±0.24 b
H-5	-9.75±1.30 a	T-5	-3.47±1.84 a	H-5	10.67±1.61 c	T-5	3.95±0.07 b
Toplam	-12.61±0.59 A	Toplam	-6.90±0.59 B	Toplam	14.30±0.86 A	Toplam	6.34±0.55 B

10-13 Damarlar Arası Uzunluk (mm)				Yaprak dış eni (mm)			
Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama	Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama
H-1	9.48±0.42 c	T-1	14.77±0.39 a	H-1	9.25±0.66 a	T-1	11.08±1.37 b
H-2	12.90±0.92 a	T-2	13.95±0.29 ab	H-2	8.47±0.23 ab	T-2	15.96±2.10 a
H-3	12.02±0.40 ab	T-3	14.34±0.54 ab	H-3	7.23±0.40 b	T-3	10.91±0.59 b
H-4	11.11±0.20 b	T-4	13.17±0.15 b	H-4	7.87±0.61 ab	T-4	11.41±0.65 b
H-5	9.57±0.23 c	T-5	13.48±0.61 ab	H-5	6.87±0.64 b	T-5	10.15±0.31 b
Toplam	11.01±0.34 B	Toplam	13.94±0.21 A	Toplam	7.94±0.28 B	Toplam	11.90±0.65 A

Ana damar ile yan damar arasındaki açı (°)				Yaprak Sapı / Yaprak Arası Açı (°)			
Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama	Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama
H-1	62.10±2.58 ÖD↓	T-1	55.60±2.29 abc	H-1	83.60±9.64 ÖD↓	T-1	135.50±4.50 a
H-2	57.00±2.26	T-2	57.00±2.00 ab	H-2	82.80±14.86	T-2	124.00±1.87 b
H-3	59.50±0.50	T-3	58.00±2.00 a	H-3	82.10±3.34	T-3	122.50±1.94 b
H-4	57.10±1.89	T-4	50.00±0.00 c	H-4	90.80±8.60	T-4	136.00±2.45 a
H-5	60.50±0.32	T-5	52.00±2.00 bc	H-5	87.50±4.47	T-5	129.00±1.00 ab
Toplam	59.24±0.83 A	Toplam	54.52±0.98 B	Toplam	85.36±3.80 B	Toplam	129.40±1.57 A

a,b,↓: farklılık (p<0.05) önemlidir; A,B→: farklılık (p<0.05) önemlidir; ÖD : Farklılık önemli değildir.

Tablo 2.5. Farklı ekolojilerin ölçümlenen değerlerin genotipler açısından analizi

Yaprak Dış Boyu (mm)				Stoma Sayısı (adet/mm ²)			
Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama	Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama
H-1	3,60±0,23 b	T-1	3,46±0,32 b	H-1	562,00±12,50 bc	T-1	524,00±49,40 a
H-2	4,72±0,18 a	T-2	5,45±0,63 a	H-2	699,46±24,98 a	T-2	431,70±57,00 ab
H-3	4,98±0,28 a	T-3	4,42±0,25 ab	H-3	612,65±61,25 abc	T-3	371,80±15,40 b
H-4	4,78±0,36 a	T-4	5,36±0,49 a	H-4	643,20±18,70 ab	T-4	422,25±14,85 ab
H-5	3,54±0,42 b	T-5	3,81±0,09 b	H-5	524,55±12,45 c	T-5	337,20±12,50 b
Toplam	4,32±0,18 ^{0.D}	Toplam	4,50±0,23	Toplam	608,37±22,97 A	Toplam	417,39±24,22 B

Stoma Boyu (µm)				Stoma Eni (µm)			
Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama	Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama
H-1	19,12±0,55 b	T-1	27,50±0,47 a	H-1	16,21±0,24 ab	T-1	24,86±0,83 a
H-2	22,96±0,94 a	T-2	26,19±0,50 a	H-2	17,86±0,81 a	T-2	22,11±0,70 b
H-3	20,77±0,61 b	T-3	26,36±0,32 a	H-3	11,36±0,71 c	T-3	23,44±0,79 ab
H-4	20,80±0,77 b	T-4	26,84±0,25 a	H-4	15,99±0,34 b	T-4	22,81±0,37 ab
H-5	23,26±0,58 a	T-5	22,97±0,84 b	H-5	17,57±0,36 ab	T-5	18,29±0,69 c
Toplam	21,39±0,43 B	Toplam	25,97±0,38 A	Toplam	15,80±0,53	Toplam	22,31±0,53

Stoma Por Boyu (µm)				Stoma Por Eni (µm)			
Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama	Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama
H-1	11,22±0,62 b	T-1	16,93±0,35 a	H-1	5,60±0,26 ab	T-1	8,27±0,37 a
H-2	13,05±0,60 ab	T-2	16,36±0,70 a	H-2	5,92±0,16 a	T-2	8,34±0,26 a
H-3	12,29±0,44 ab	T-3	13,64±0,51 b	H-3	4,94±0,31 ab	T-3	7,68±0,63 a
H-4	11,30±0,73 b	T-4	15,81±0,45 a	H-4	4,61±0,27 b	T-4	8,15±0,27 a
H-5	13,91±0,78 a	T-5	12,10±0,89 b	H-5	5,79±0,52 a	T-5	5,82±0,36 b
Toplam	12,35±0,34 B	Toplam	14,97±0,45 A	Toplam	5,37±0,17	Toplam	7,65±0,25

Klorofil Miktarı (SPAD)			
Hizan	Ortalama	Trabzon	Ortalama
H-1	40,32±0,86 a	T-1	38,80±0,90 bc
H-2	30,78±0,76 b	T-2	36,02±1,26 c
H-3	32,98±0,53 b	T-3	39,40±1,86 bc
H-4	39,10±0,86 a	T-4	43,66±0,93 a
H-5	39,92±1,36 a	T-5	41,74±0,79 ab
Toplam	36,62±0,89 B	Toplam	39,92±0,73 A

a,b,↓: farklılık (p<0.05) önemlidir; A,B→: farklılık (p<0.05) önemlidir; 0D: Farklılık önemli değildir.

Yaprak Eni (mm) ve Yaprak Boyu (mm): Hizan'da ortalama yaprak eni Trabzon'a göre daha yüksektir (70.79±2.87 B < 74.07±1.83 A). Hizan'da ortalama yaprak boyu Trabzon'a göre daha düşüktür (190.15±7.10 B < 248.26±4.79 A).

Yaprak En/Boy Oranı ve Yaprak Sap Uzunluğu (mm): Yaprak en/boy oranı açısından Trabzon ve Hizan arasında anlamlı bir farklılık yoktur (0.37±0.01 = 0.30±0.01). Hizan'da ortalama yaprak sap uzunluğu Trabzon'a göre daha yüksektir (18.68±0.85 > 14.12±0.49).

Yaprak Boy+Sap Uzunluğu (mm) ve Ölçüme Dayalı Yaprak Alanı (cm²): Hizan'da yaprak boy+sap uzunluğu Trabzon'a göre daha düşüktür (208.64±7.54 B < 262.46±4.84 A). Trabzon'da ortalama ölçüme dayalı yaprak alanı Hizan'a göre daha yüksektir (139.01±9.98 B < 184.89±6.83 A).

Yaprak eni, yaprak boyu, yaprak sap uzunluğu, yaprak boy+sap uzunluğu ve ölçüme dayalı yaprak alanı açısından Trabzon ve Hizan arasında farklılıklar gözlemlenmektedir. Bu farklılıklar, lokasyonun ve rakımın yaprak gelişimi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Hizan'ın rakım olarak daha yüksek olması, bitkilerin büyüme ve gelişme süreçlerinde bazı farklılıklara neden olabilir. Ekolojik koşullar, çeşit veya genotip farkı bitkilerin morfolojik özelliklerini etkileyebildiği bilinmektedir. Bu nedenle, Trabzon ve Hizan arasındaki farklı genotipik karakterde olmaları ve rakım farkı, yaprak özellikleri üzerinde belirgin bir etkiye sahip olabilir.

Yaprak eni, yaprak boyu, yaprak sap uzunluğu, yaprak boy+sap uzunluğu ve ölçüme dayalı yaprak alanı açısından Trabzon ve Hizan arasındaki farklılıklar, bitkilerin ekolojik koşullara uyum sağlamak için adaptasyon mekanizmalarını kullandıklarını göstermektedir. Daha yüksek rakımda, bitkilerin daha dar yapraklara, daha uzun saplara ve daha küçük yaprak alanlarına sahip olması, çevresel faktörlere uyum sağlama stratejileri olarak yorumlanabilir. Bu şekilde, bitkiler, daha az güneş ışığına maruz kalmak, su kaynaklarını daha iyi kullanmak veya soğuk hava koşullarına karşı korunmak gibi avantajlar elde edebilirler.

Özdikmenli (2019), farklı yükselti basamaklarında yetişen kestaneler üzerine yaptığı bir çalışmada üç farklı yükselti basamağında doğal olarak yayılış gösteren Anadolu kestanesinin, bu farklı yükselti basamaklarına göre morfolojik, mikromorfolojik ve anatomik karakterlerinin değişimi değerlendirilmiş ve yapılan analizlerin sonucu Lamina genişliği üzerinde (LG) yükseltinin etkili olmadığı belirlenmiştir. Fakat çalışılmış diğer karakterler olan Yaprak sapı uzunluğu (YSU), Lamina uzunluğu (LU), Yaprak uzunluğu (YU), Diş genişliği (DG), Diş uzunluğu (DU), Yaprak sapı açısı (YSA) ve Ana damar ile yan damar arasındaki açı (YDAA) üzerinde yükselti basamaklarının etkili olduğu (en az % 99.9 oranında) belirlenmiştir. Yanal (lateral) damarlar arasındaki mesafe (YDAM) karakteri bakımından ise % 95 güven düzeyinde fark olduğunu belirlemiştir. Bu sonuçlar çalışmamızda elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir.

L* renk değeri: Hizan lokasyonunda ortalaması 31.36 ± 0.78 , Trabzon lokasyonunda ise 42.39 ± 0.44 olarak ölçülmüştür. Bu verilere göre Hizan'da daha düşük bir L* renk değeri elde edilmiştir, yani mat bir renk tonu olduğunu gösterir. Rakımın L* renk değeri üzerinde negatif bir etkisi olduğu söylenebilir.

a* renk değeri: Hizan lokasyonunda ortalaması -12.61 ± 0.59 , Trabzon lokasyonunda ise -6.90 ± 0.59 olarak ölçülmüştür. Bu verilere göre Hizan'da daha düşük bir a* renk değeri elde edilmiştir, yani daha kırmızı-mor tonlarda olduğunu gösterir. Rakımın a* renk değeri üzerinde negatif bir etkisi olduğu söylenebilir.

b* renk değeri: Hizan lokasyonunda ortalaması 14.30 ± 0.86 , Trabzon lokasyonunda ise 6.34 ± 0.55 olarak ölçülmüştür. Bu verilere göre Hizan'da daha yüksek bir b* renk değeri elde edilmiştir, yani daha sarı-mavi tonlarda olduğunu gösterir. Rakımın b* renk değeri üzerinde pozitif bir etkisi olduğu söylenebilir.

Rakımın yaprakların renk değerleri üzerinde belirgin bir etkisi olduğu görülmektedir. Hizan'da yüksek rakımın L* değerini düşürdüğü, a* değerini azalttığı ve b* değerini yükselttiği gözlenirken, Trabzon'da ise daha yüksek rakımın tam tersi etkileri gözlemlendiği söylenebilir. Bu sonuçlar, bitkilerin büyüdüğü rakımların bitki morfolojisini ve pigmentasyonunu etkilediğini göstermektedir. Trabzon yöresindeki kestane genotiplerinin parlak, açık renklere ve canlı tonlara sahip olduğunu söyleyebiliriz. Trabzon yöresinde Kestane ağaçlarının parlak ve canlı yaprak renklerinde olmaları sağlıklı büyümeyi destekleyebileceğini ve morfolojik gelişimi olumlu etkileyebileceğini söyleyebiliriz. Düşük a* değeri, yeşil-kırmızı arasındaki renk değerini ifade eder.

Damarlar Arası Uzunluk ve Yaprak Dış Eni: Trabzon bölgesindeki genotipler, Hizan bölgesine göre daha uzun damarlar arası uzunluk değerine sahiptir. Bu durum, Hizan'daki bitkilerin yapraklarının daha küçük ve daha dar olduğunu gösterir. Ayrıca, Trabzon'daki genotipler, Hizan genotiplerine göre daha geniş yaprak dışına sahiptir. Bu da Trabzon genotiplerinin yapraklarının daha belirgin ve geniş dişlere sahip olduğunu gösterir.

Yaprak Dış Boyu: Hizan genotipleri ile Trabzon genotipleri arasında istatistiki olarak anlamlılık bulunmamaktadır.

Yaprak Ana Damar ile Yan Damarları Arası Açık ve Yaprak Sapı / Yaprak Arası Açık: Hizan genotipleri, Trabzon genotiplerine göre daha büyük yaprak damarları arası açık değerine sahiptir. Ayrıca, Hizan'daki bitkilerin yaprak sapı / yaprak arası açık değeri daha büyüktür. Bu, Hizan genotiplerinin yapraklarının daha dik ve dar açılara sahip olduğunu gösterir.

Stoma Boyu, Stoma Eni ve Stoma Yoğunluğu: Hizan bölgesindeki genotipler, Trabzon bölgesine göre daha küçük stoma boyu ve stoma enine sahiptir. Bu durum, Hizan'daki bitkilerin stomalarının daha küçük ve daha dar olduğunu gösterir. Trabzon genotipleri ise daha büyük stoma boyu ve stoma enine sahiptir, yani stomaları daha geniş ve daha açıktır. Hizan yöresinde yetişen kestanelerde stoma yoğunluğu ortalama değere bakıldığında (608.37 ± 22.97 adet/mm²) yüksek bulunmuştur.

Stoma Por Boyu ve Stoma Por Eni: Hizan genotipleri, Trabzon genotiplerine göre daha küçük stoma por boyu ve stoma por enine sahiptir. Bu da Hizan'daki bitkilerin stomalarının daha dar ve daha küçük gözeneklere sahip olduğunu gösterir. Trabzon genotipleri ise daha büyük stoma por boyu ve stoma por enine sahiptir, yani stomaları daha geniş ve daha büyük gözeneklere sahiptir. Stoma boyu, stoma eni, stoma por boyu ve stoma por eni gibi parametreler bitki su ve gaz alışverişinde önemli rol oynar. Rakımın bu parametreler üzerindeki zorlayıcı etkisi bitkilerin su kaynaklarına ve su tutma kapasitelerine koruyabilmek maksatlı küçüldüğü ancak buna mukabil sayılarının arttığı söylenebilir.

Çağlar ve ark. (2004) bildirdiğine göre; çalışmada kullanılan 10 ceviz tipinin yapraklarında bulunan stoma miktarları 120 ile 217 adet/mm² arasında olduğu görülmüştür. Genel anlamda Kahramanmaraş bölgesinden seçilen ceviz tiplerinin stoma miktarları Hatay bölgesinden seçilenlere göre daha fazla olduğu görülmüştür. Bitkilerin stoma büyüklüğü ve yoğunlukları üzerine ekolojik faktörler de etkilidir. Bitkilerin buldukları yerin deniz seviyesinden olan yüksekliğinin begonya (Hoover, 1986) ve elmalarda (Zhatkanbaev ve Khazhmuratov, 1982) yaprağın birim alanında bulunan stoma miktarının değişmesine sebep olduğu, farklı ekolojilerde bulunan ceviz çöğürlerinin karşılaştıkları nem ve diğer çevresel olumsuz etkilerin birim alanda bulunan stoma sayısında artışa sebebiyet verdiğini belirtmiştir (Iotsova-Baurenska, 1975). Karacevizler (*Juglans nigra*) üzerinde ABD'de de yapılan bir çalışmada tohumdan yetiştirilen bitkilerde stoma büyüklüklerinin kuzey-güney enlem derecelerine göre değişmektedir. Stomaların ayrıca Teksas menşeli cevizlerde küçük olduğu, bununla birlikte, Kuzey Illinois ve Michigan'daki ceviz bitkilerinde daha iri oldukları tespit edilmiştir (Ünsal, 2019).

Hizan bölgesindeki ortalama klorofil miktarı, H-1'de $40,32 \pm 0,86$ birim olarak ölçülmüştür. Diğer Hizan örnekleri (H-2, H-3, H-4, H-5) da Trabzon örneklerine göre daha yüksek klorofil miktarına sahiptir.

Trabzon bölgesindeki ortalama klorofil miktarı, T-1'de $38,80 \pm 0,90$ birim olarak ölçülmüştür. Diğer Trabzon örnekleri (T-2, T-3, T-4, T-5) ise Hizan örneklerine göre daha düşük klorofil miktarına sahiptir.

Genel olarak, Hizan bölgesindeki örneklerin Trabzon bölgesindeki örneklerden daha yüksek klorofil miktarına sahip olduğu gözlemlenmektedir. Gargın (2011), taşınabilir klorofil metre cihazı yardımıyla, 13 farklı Amerikan asma anacının yapraklarındaki klorofil miktarlarını belirlediği çalışmasında SPAD değerlerinin 20.62-30.19 arasında değiştiğini ve anaçlar arasında klorofil miktarı bakımından önemli farklılıklar olduğunu rapor etmiştir. Değişik meyve türlerinde yapılan çalışmalarda da klorofil miktarlarının türlere ve çeşitlere göre önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Muradoğlu ve Gündoğdu, 2011; Gargın ve Göktaş, 2011; Alkan ve ark., 2014). Bitkilerin yapraklarında bulunan klorofil miktarının hayat formu, mevsim ve ışık koşulları gibi değişik faktörlerin etkisi ile geniş bir değişkenlik gösterdiği ifade edilmiştir (Kutbay ve Kılınç. 1992).

3. SONUÇ

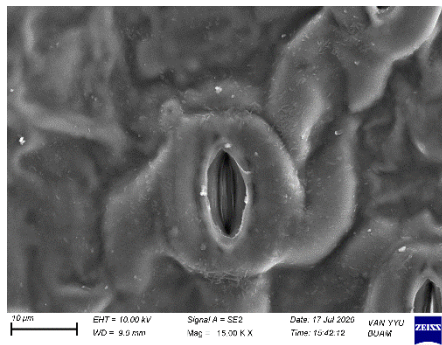
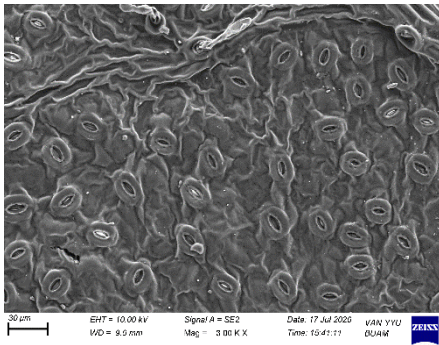
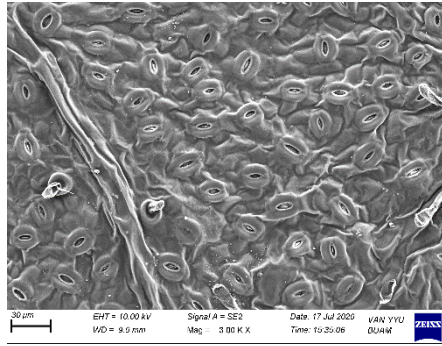
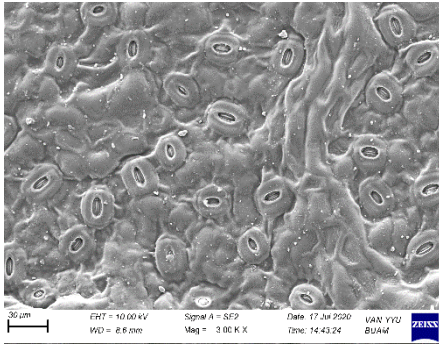
Bu çalışmada iki farklı ekoloji ve yükseltide doğal olarak yayılış gösteren kestanelerin, morfolojik ve mikromorfolojik karakterlerinin değişimi değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar bize gösterir ki, yaprak eni ve diş boyu üzerinde farklı ekoloji ve rakımın etkili olmadığı tespit edilmiştir. Fakat çalışılmış diğer karakterler üzerinde ekoloji ve yükseltinin etkili olduğu belirlenmiştir. Kestane genotiplerine ait yaprak numuneleri incelendiğinde, stomaların sadece yaprak alt yüzünde bulunduğu (hipostomatik) tespit edilmiştir. Rakım değerleri yükseldikçe stoma yoğunluğunun arttığı söylenebilir. Nitekim Çağlar ve ark., (2004), Özdikmen (2019)'ın farklı kestane genotipleri ve ceviz çeşitlerinin yetiştiği alanın deniz seviyesinden yüksekliği (rakım) ile stoma yoğunluğu arasında pozitif bir ilişki tespit etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada deniz seviyesinden yüksek rakımlara çıkıldıkça stoma sayısında da bir artışın meydana geldiği stoma boyutlarında küçülmelerin olduğu belirlenmiştir. Bitkilerin yapraklarında bulunan stomaların yoğunluk ve boyutları tür ve çeşide, vejetatif gelişme gücü, bakım koşulları ve çevre

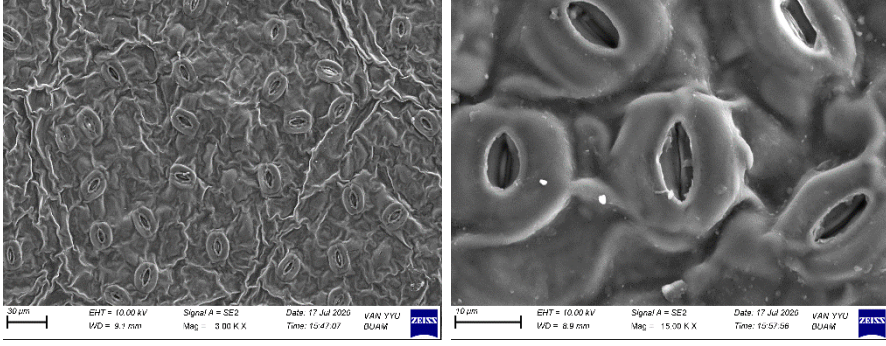
şartlarına göre farklılık gösterebilecekleri değişik araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Iotsova-Baurenska, 1975; Rana ve ark., 1990, Mısırlı ve Aksoy, 1994; Çağlar ve ark., 2004; Ilgın ve Çağlar, 2009).

Bitkiler yetiştikleri ortamın farklılığına göre bazı anatomik ve morfolojik değişimlere uğrarlar (Mert ve ark., 2009). İçsel ve dışsal etkiler bazen tek başına bazen de birlikte stomaların yoğunluğu ve hareketleri üzerine etkilidir

Bu faktörler arasında; hava ve toprak nemi, bitkinin su içeriği, karbondioksit (CO₂), sıcaklık, rüzgâr, ışık yoğunluğu, kültürel uygulamalar, büyüme hormonları ve enzimler sayılabilir (Şahin, 1989; Gökbayrak ve ark., 2008).

Yapılan araştırmada çevresel faktörlerde oluşan değişikliklerin stoma yoğunluk ve boyutlarını istatistikî anlamda etkilediği görülmektedir. Bu nedenle değişik koşullarda farklı çeşitlerle yapılan adaptasyon çalışmalarında dikim aralık ve mesafesi gübreleme ve sulama gibi kültürel uygulamalarla ilgili araştırmalarda agronomik ve fizyolojik özellikler ile birlikte anatomik özelliklerinde araştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.





Şekil 2.1. İncelenen genotiplere ait stoma görüntüleri.

KAYNAKÇA

- Alkan, Ç., Erođlu, H., & Yaman, B. (2003). Türkiye'deki Bazı Odunsu Angiospermae Taksonlarının Lif Morfolojileri. ZKÜ Bartın Orman Fakóltesi Dergisi , 102-108.
- Arminian R, Mohammadi S, Hoshmand SA, Khodambashi M. (2010). The Genetic Analysis of Stomatal Frequency and Size, Stomatal Conductance, Photosynthetic Rate and Yield in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Using Substitution Lines Series. Wheat Information Service, 110: 25– 34.
- Çağlar S, Sütyemez M, Bayazıt S (2004) Seçilmiş bazı ceviz (*Juglan sregia*) tiplerinin stoma yoğunlukları. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Dergisi 17(2): 169-174.
- Curran, P.J, Dungan, J., Gholz, H.L. (1990). Exploring the relationship between reflectance red edge and chlorophyll content in slash pine. Tree Physiology. 7(1–2–3–4), 33–48.
- Dardeniz, A., Şeker, M., Killi, D., Gündoğdu, M.A., Sakaldaş, M., Dinç, S. (2012). Sofralık üzüm çeşitlerinin yapraklarındaki klorofil miktarının boğumlar bazındaki dönemsel değişiminin belirlenmesi. Uluslararası Tarım, Gıda ve Gastronomi Kongresi, 15-19 Şubat 2012, Antalya.
- Dickison, W. C. (2000). *Integrative plant anatomy*. Academic press.
- Gargın, S. (2011). Bağcılıkta kullanılan farklı Amerikan asma anaçlarının yaprak klorofil yoğunluklarının (SPAD) belirlenmesi. I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı. 27-30 Nisan, Eskişehir.
- Gargın, S., Göktaş, A. (2011). Farklı üzümü meyve türlerinde yaprak klorofil miktarlarının belirlenmesi. GAP VI. Tarım Kongresi, 9-12 Mayıs, Şanlıurfa.
- Garnier, E., Salager, J. L., Laurent, G., & Sonié, L. (1999). Relationships between photosynthesis, nitrogen and leaf structure in 14 grass species and their dependence on the basis of expression. *The New Phytologist*, 143(1), 119-129.
- Gokbayrak, Z., Dardeniz, A., & Bal, M. (2008). Stomatal density adaptation of grapevine to windy conditions. *Trakia journal of sciences*, 6(1), 18-22.
- Gutschick, V. P. (1999). Biotic and abiotic consequences of differences in leaf structure. *The New Phytologist*, 143(1), 3-18.
- Hoover, W. S. (1986). Stomata and stomatal clusters in Begonia: Ecological response in two Mexican species. *Biotropica*, 18(1), 16– 21.
- Ilgın, M., Çağlar, S., 2009. Comparison of leaf stomatal features in some local and foreign apricot (*Prunus armeniaca* L.) genotypes. African Journal of Biotechnology. 8 (6): 1074–1077.
- Iotsova-Baurenska N, 1975. Stomatal Numbers and Size in *Juglans regia* in Relation to Ecological Conditions. *Fitologiya*, 1: 19-24.

- Kacar, B., Katkat, V., Öztürk, Ş., (2006). Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayınları 563s. Ankara.
- Kutbay, H. G., Kılınç, M., (1992). Bazı bitkilerdeki klorofil a ve klorofil b içeriklerinin mevsimsel değişimi. FÜ XI. Ulusal Biyoloji Kongresi. Genel Biyoloji, 195-202.
- Levitt, J. (1980). Responses of Plants to Environmental Stresses. **Vol. II. Water, Radiation Salt and Other Stresses.** – Academic Press, New York. ISBN 0–12–445502–6 (v. 2).
- Loveys BR, Kriedemann PE. (1973). Rapid Changes in Abscisic Acid-Like Inhibitors Following Alterations in Vine Low Water Potential. *Physiol. Plant.*, 28: 476-479.
- Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants.- pp. 59-62. Academic Press, London.
- Mert, C., Barut, E., Uysal, T., (2009). Farklı anaçlar üzerine aşılı elma çeşitlerinde stoma morfolojilerinin araştırılması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 2 (2):61-64.
- Mısırlı A, Aksoy U (1994) A study on the leaf and stomatal properties of Sarilop fig variety. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 31(2-3): 57-63.
- Muradoğlu, F.,Gündoğdu, M., (2011). Bazı ceviz (*Juglans regia*) çeşitlerinde stomata boyutu ve frekansı, *Int. J. Agric. Biol*, 13: 1011-1015.
- Ohsuni, A., Kanemura, T., Homma, K., Horie, T., Shiraiwa, T. (2007). Genotypic variation of stomatal conductance in relation to stomatal density and length in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Production Science*, 10, 322-328.
- Özdikmenli, (2019). *G. Anadolu kestanesi (Castanea sativa)nde rakıma bağlı varyasyon.* (Master's thesis). Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Peñuelas, J., Filella, I., & Gamon, JA (1995). Spektral yansıma ile fotosentetik radyasyon kullanım etkinliğinin değerlendirilmesi. *Yeni Fitolog*, 131 (3), 291-296.
- Rana HS, Chadha TR. (1990). Relationship Between Stomatal Density and Vigour in Clones of Some Prunus Species. XXIII. International Hort. Cong. Firenze (Italy) Abstract of Contributed Papers. No. 1232.
- Şahin, T., (1989). Seleksiyonla Elde Edilmiş Bazı Önemli Kestane (*Castanea Sativa* L.) Çeşitlerinin Yaprak Morfolojileri ve Stoma dağılımları Üzerinde Araştırmalar. (Yüksek lisans tezi). Uludağ Üniv. Fen Bil. Enst. Bahçe Bit. Anabilim Dalı, Bursa
- Sarwar AKM, Golam Abdul Karim A, Masud Rana SMA, (2013). Influence of Stomatal Characteristics on Yield and Yield Attributes of Rice. *Journal of Bangladesh Agricultural University*, 11(1): 47-52.
- Soylu, A. (1981). Marmara Bölgesinde Yetiştirilmekte Olan Bazı Önemli Kestane Çeşitlerinin Çiçek Yapıları ve Meyve Tutmaları Üzerinde

- Araştırmalar, Basılmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara.
- Soylu, A. (2004). Kestane Yetiştiriciliği ve Özellikleri, HASAD Yayıncılık, İstanbul.
- Soylu, A., (1984). Kestane Yetiştiriciliği ve Özellikleri. Atatürk Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Yay. No: 59, Yalova.
- Subaşı, B. (2004). Kestane Sektör Profili, İstanbul Ticaret Odası Etüt ve Araştırma Şubesi, İstanbul.
- Ünsal, E. (2019). Bahçesaray (Van) ilçesi ekolojik koşullarında yetiştirilen ceviz genotiplerinin stoma yoğunluklarının ve klorofil miktarlarının belirlenmesi. *YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi)*.
- Yaltrık, F., (1993). Dendroloji Ders Kitabı. II. Angiospermae (Kapalı Tohumlular) Bölüm I, İstanbul.
- Yentür S (1995) Bitki Anatomisi. İstanbul Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 3808, İstanbul.
- Yousufzai MNK, Siddiqui KA, Soomro AQ. (2009). Flag Leaf Stomatal Frequency and Its Interrelationship with Yield and Yield Components in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 41: 663-666.
- Zhatkanbaev, Z., & Khazhmuratov, M. K. (1982). Some Anatomical-Physiological Characteristics of Apple Trees in Zailiiskii-Alatau (Northern Tian-Shan). 1 Vsesoyuznaya Konferentsiya po Anatomii Rastenii.

BÖLÜM 15

KOYUNLARDA ÇOKLU DOĞUM İLE İLİŞKİLİ ADAY GENLER VE TÜRKİYE’DE YAPILAN ÇALIŞMALARA GENEL BİR BAKIŞ

Dr. Öğr. Üyesi Koray KIRIKÇI¹

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü Kırşehir, Türkiye. koray.kirikci@gmail.com, Orcid ID: 0000-0001-8087-141X

GİRİŞ

Her sektörde olduğu gibi tarımsal üretimde de sürdürülebilirlik karlı bir işletmeciliğin yapılmasıyla sağlanabilmektedir. Bir işletmenin varlığını koruması ve sürdürülebilir olmasında, işletmeye ait girdi ve çıktılar önemli rol oynamaktadır. Tarımsal üretimin önemli bir kolu olan hayvancılık işletmelerinde en önemli girderlerin başında yem gelirken, başlıca geliri ise pazara sunulan hayvansal ürün miktarı oluşturmaktadır. Artan dünya nüfusu ve azalan çayır mera alanları, çiftlik hayvanlarından elde edilecek verim artışını zorunlu kılmaktadır. Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9 milyara ulaşacağı ancak buna karşın 8 milyar insanın ihtiyacı olan gıdanın üretilebileceği ön görülmektedir. Bu açığın kapatılması için ise et endüstrisinin üretimini %50-73 oranında arttırması gerekmektedir (Bonny ve ark., 2017).

Et ve diğer hayvansal gıda ürünlerinde artış, özellikle koyunculukta doğumda elde edilecek kuzu sayısı ile doğrudan ilişkilidir. Gelirini başlıca kuzu veriminden elde eden işletmelerde doğum başına elde edilecek yavru sayısının yüksek olması istenen bir durumdur. Ancak, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'deki mevcut koyun varlığının önemli bir kısmı da döl verimi düşük ırklardan oluşmaktadır. Genel olarak Türkiye yerli koyun ırklarının verimlerinin düşüklüğüyle ilgili literatürde çokça bilgi vardır ve yerli ırkların verimlerinin arttırılmasına yönelik çok sayıda melezleme ve ıslah çalışmaları yapılmıştır (Boztepe ve ark., 2022). Akkaraman, İvesi ve Morkaraman gibi koyun ırklarının besi performansları kültür ırkı et tipi koyun ırklarından çokta geri değildir hatta bazı durumlarda karkas randımanı olarak kültür ırklarıyla yarışmaktadır (Boztepe ve ark., 2022). Diğer yandan Sakız ırkı koyunlar ise yüksek doğurganlık özelliği ile öne plana çıkmaktadır. Ancak son yıllarda, çokça haberinin yapılması ile yetiştiricilerin yüksek döl verim özellikli Romanov ırkı koyunlara olan ilgisi artmıştır. Ekstansif koşullarda bu ırklardan elde edilecek verim düzeyi sınırlıdır. Bunu elde edemeyen yetiştiriciler, ellerindeki hayvanları kesime göndermekte veya mezlemede kullanmaktadır. Bu durum ise ekonomik kayıplara yol açtığı gibi Türkiye yerli koyun gen kaynaklarının yapısını tehdit eden bir unsur olmaktadır. Bu nedenle yerli koyun gen kaynaklarının çoklu doğum gibi kantitatif özelliklerde verim artışı sağlayacak çalışmaların yapılması ve bunların pratiğe aktarılması oldukça önemlidir.

Koyunlarda doğumda kuzu sayısının kalıtım derecesi ırklar arasında kısmen farklılık gösterse de (0,06–0,18) genel olarak düşüktür (Bradford, 1985; Analla ve ark., 1997; Savas ve ark., 2000; Vatankhah ve Talebi, 2008). Dolayısıyla, geleneksel ıslah yöntemleri ile döl veriminin artırılması uzun zaman almaktadır (Gabiña, 1989). Avustralya Merinos koyunlarında çoklu doğumu arttıran “FecB” mutasyonunun keşfinden bu yana bilim insanları koyunlarda döl verimi üzerinde etkisi olan genleri araştırmışlardır (Wang ark., 2011). Yapılan çalışmalar çoklu doğum ile ilişkili üç önemli aday gen bulunduğunu göstermektedir. Bunlar; kemik morfogenetik protein reseptör-1B (BMPR-1B), kemik morfogenetik protein reseptör-15 (BMPR-15) ve büyüme farklılaşma faktörü-9 (GDF9) genleridir (Våge ark., 2013).

Bu bölümde çoklu doğum ile ilişkili aday genler hakkında bazı önemli bilgiler verilecek ve Türkiye’de geçmişten günümüze kadar yapılan çalışmalardan genel olarak bahsedilecektir. Aday gen yaklaşımı ile yapılan çalışmalarda, başarıyı etkileyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Bunlardan bazı önemli olanlar; ırk, örnek sayısı, fenotipik veriler ve kullanılan metodolojik yaklaşımlardır. Bu bölümde okuyuculara belirtilen bu hususlar ışığında Türkiye’de yapılan çalışmalar hakkında genel bir bakış açısı kazandırılması amaçlanmıştır.

MAJÖR GENLER

Moleküler çalışmalar, aday genler ve bu genler üzerinde oluşan genetik değişimlerin koyunlarda çoklu doğum üzerinde belirleyici rolü olduğunu ortaya koymuştur. Teknoloji ve moleküler genetik alanında yaşanan gelişmelerin sürekliliği sayesinde bugün halen çoklu doğum ile ilişki farklı gen veya yeni mutasyonlar keşfedilmeye devam etmektedir. Bu durum özellikle bilim insanlarının aday gen çalışmalarına olan ilgisinin devam etmesini sağlamaktadır.

Ovaryum foliküllerinin gelişiminde ovaryumdan salgılanan büyüme faktörlerinin önemli rolleri bulunmaktadır (Hatzirodos ve ark., 2011). Koyunlarda BMPR-1B, BMPR-15 ve GDF-9 genleri çoklu doğum ile ilişkili başlıca üç önemli majör genlerdir. Transforme edici büyüme faktörü- β (TGF- β) ailesinin üyesi olan bu genlerin bilinen en önemli ortak özellikleri, sahip oldukları mutasyon bakımından heterozigot yapıda olan koyunlarda çoklu doğum ortalamalarının homozigot mutant veya mutasyonu taşımayan

koyunlarınkinden yüksek olmasıdır. İlgili genlerin diğer bir özelliği ise taşıdıkları bazı mutasyonlar için koyunlarda kısırılığa yol açmasıdır (McLeod ve ark., 1997). Buna en güzel örnek BMP15 geni üzerinde yer alan Inverdale (FecX¹) mutasyonu gösterilebilir (Davis ve ark., 1992).

Koyunlarda foliküllerin gelişimi ve ovulasyonun meydana gelmesinde folikül uyarıcı (FSH) ve lüteinleştirici (LH) hormonlarının önemli rolü olduğu bilinmektedir. Yeni Zelanda Romney koyunlarında yapılan çalışma bu durumu açıklayan en iyi örnektir. Inverdale mutasyonu bakımından farklı genotipler arasında koyunların farklı yaş dönemlerinde ölçülen plazma FSH ve LH hormon miktarları bakımından önemli farklılıklar olduğu ve homozigot mutant koyunlarda kısırılığın şekillendiği gösterilmiştir (McLeod ve ark., 1997). Bu nedenle aday gen yaklaşımı ile bir genetik ıslah çalışması yapılacaksa şayet ilgili genlerin bu özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Memelilerde üreme fizyolojik ve genetik çok sayıda faktörün etkisi ile oluşan oldukça karmaşık bir süreçtir (Dube ve ark., 1998). Geçmişten günümüze yapılan çalışmalar ile bu karmaşık yapı açıklanmaya çalışılmaktadır. Burada, üremenin daha doğrusu koyunlarda çoklu doğumda rol oynayan temel faktörlerin majör genler bakımından moleküler düzeyde açıklamaya çalışılmıştır. Hücre içi ve hücreler arası haberleşmede sinyal molekülleri önemli rol oynamaktadır ve bu moleküllerin üretiminde yaşanan aksamalar hücresel düzeyde farklı cevapların oluşmasına yol açmaktadır. Yapılan çok sayıda araştırma memelilerde üremenin oluşumunda TGF- β ailesine ait proteinlerin önemli rol oynadığını göstermiştir. Hücreler arası sinyal proteinlerinden olan TGF- β üst ailesinin üyeleri; kemik morfojenetik proteinler (BMPs) canlılarda bir çok hücre tipinde büyüme, farklılaşma ve özellikle embriyogenez sırasında önemli rol oynamaktadır. BMP'ler büyüme farklılaşma faktörü (GDF9) ile birlikte memelilerde fertilitenin oluşumunda da önemli rol oynamaktadır (Dube ve ark., 1998; Elvin ve ark., 2000). TGF- β ailesi üyeleri dışında kalan farklı genlerin de koyunlarda çoklu doğum üzerinde etkileri bulunmaktadır. Bu genlerden özellikle folikül uyarıcı hormon reseptör (FSHR) ve lüteinleştirici hormon- β (LH- β) genlerinin özellikle Çin koyun ırklarında çoklu doğumu arttırıcı etkisi olduğu gösterilmiştir (Wang ve ark., 2015; Wang ve ark., 2020). Türkiye'de Akkaraman ve Bafra koyun ırklarında inhibin beta B (inhibin β B) ve folikül uyarıcı hormon B (FSHB) genlerinin yavru verimi üzerindeki etkilerinin

araştırıldığı bir çalışmada ise dört farklı tekli nükleotit polimorfizm (SNP) tespit edilmiş olup ilgili SNP'lerin çoklu doğum üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur (Unlusoy ve Ertugrul, 2016).

BMPR-1B geni

Dünyada koyunlarda çoklu doğum üzerinde etkisi gösterilen ilk majör gen BMPR-1B dir (Mulsant ve ark., 2001). Avustralya Merinos koyunlarında tanımlanan gen 6. kromozom üzerinde yer almakta ve 15 ekzondan oluşmaktadır. BMPR-1B geninin 6. ekzonuna ait DNA dizisinin 746. nükleotidinde oluşan bir baz değişimi (A-G/ A746G) ile transisyon mutasyonu sonucunda koyunlarda ovulasyon oranında artış meydana gelmektedir. FecB mutasyonunun etkisi büyük oranda oosit ve bunu çevreleyen granuloza hücreleri üzerinde görülmektedir. Çalışmalar, mutasyonun etkisinin folikül uyarıcı hormonun kandaki artan sekresyonundan daha çok foliküler düzeyde hücresele reseptörlerin FSH'ya artan duyarlılıktan kaynaklandığını göstermektedir. Diğer yandan gen üzerinde oluşan mutasyonların gen ifade düzeylerinde değişime yol açarak fenotipik farklılıklara neden olduğu düşünülmektedir (Campell ve ark., 2009). Mutasyon foliküllerin gelişimi ve ovaryum granuloza hücrelerinin proliferasyonunda önemli rol oynamaktadır (Wen ve ark., 2021).

Avustralya Merinos koyunlarında Piper ve Bindon adlı iki bilim insanı tarafından keşfedilen mutasyon (Piper and Bindon, 1982) Uluslararası Koyun ve Keçi Genetiği Komitesi tarafından "FecB" olarak adlandırılmıştır. Her ne kadar FecB mutasyonu Avustralya Merinos koyunlarında tanımlanarak ün kazanmış bulunsa da sonraki yıllarda yapılan araştırmalar bu mutasyonun kaynağının Hindistanda yetiştirilen Garole koyunu olduğunu göstermektedir (Davis ve ark., 2002). Bengal koyunu olarak da bilinen Garole koyununun Avustralyaya getirilmesi sonucu ilgili mutasyonun aktarıldığı düşünülmektedir. FecB mutasyonu bugün ülkeler arası semen, embriyo ve canlı hayvan transferleri neticesinde 20'ye yakın ülkeye ait kimi koyun ırklarına aktırılmıştır.

BMPR-1B geni FecB mutasyonunun keşfi sonrasında tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de ilgili mutasyonun yerli koyun ırklarında araştırılmasına yönelik çalışmalar başlamıştır. FeB mutasyonunun çoklu doğuma yol açması, yerli koyun ırklarından biri olan ve çoklu doğum özelliği ile ön

plana çıkan Sakız ırkında da bu mutasyonun bulunma ihtimalini akla getirmiş ve ilk araştırma doktora tez çalışmasına konu olmuş ve sonrasında benzer çalışmalar Sakız ve diğer yerli ırklarda çeşitli moleküler teknikler kullanılarak devam etmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. BMPR-1B geni ile ilgili yapılan çalışmalar

Koyun ırkıları (N)	Yöntem	Polimorfizm	Yazarlar
Anadolu Merinosu (175)	DNA dizi analizi	-	Abderahim ve Kaya (2022)
Ramlıç (60), Dağlıç (60)	DNA dizi analizi	+	Çelikeloğlu ve ark. (2021)
Pırlak (16)	DNA dizi analizi	-	Çelikeloğlu ve ark. (2018)
Sakız (71)	PCR-RFLP	-	Diñçel ve ark. (2015)
Akkaraman (19), Morkaraman (19), Dağlıç (18), İvesi (18), Tuj (18), Karakaş (19)	PCR-RFLP	-	Karlı ve Balcıoğlu (2011)
Kangal (42), Güney Karaman (29)	PCR-RFLP	-	Karlı ve ark. (2011)
Kıvırcık (50), Sakız (50), İvesi (50), İmroz (50)	PCR-RFLP	-	Gürsel ve ark. (2011)
Bafra (66)	PCR-RFLP	-	Kurar ve ark. (2011)
Sakız (388), Sakız x Kıvırcık melezi (18)	PCR-RFLP	-	Polat (2006)

N; örnek sayısı, +; polimorfizm var, -; polimorfizm yok

Türkiye’de BMPR-1B geni ile ilgili yapılan çalışmaların önemli bir kısmında kullanılan yöntem PCR-RFLP (polimeraz zincir reaksiyonu-sınırlı parça uzunluk polimorfizmi)’dir. Bu yöntemin tercih edilmesinin başlıca sebebi ekonomik ve uygulamasının kolay olmasıdır. PCR-RFLP yöntemi araştırılacak mutasyonun mevcudiyeti hakkında bilgi sağlarken DNA dizi analizi ile gene ait daha geniş bölgeler taranabilmekte ve buna bağlı olarak

farklı sonuçlar alınabilmektedir. Burada elde edilecek sonucu sadece metodolojik yaklaşım değil aynı zamanda, çalışılan ırk ve incelenen hayvan sayısı da etkilemektedir.

Türkiye’de majör genlerin araştırılmasına yönelik çalışmalar 2006 yılında başlamış ve bunu takip eden beş yıl içerisinde yapılan herhangi bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Ancak son on yıllık süreç içerisinde ise yerli koyun ırklarının majör genler bakımından genetik yapısının ortaya konmasına yönelik çalışmaların artan bir şekilde devam ettiği söylenebilir.

BMPR-1B genine yönelik yapılan çalışmalarda daha çok bu gen üzerinde bulunan FecB mutasyonunun araştırılması üzerine durulmuştur. Çalışmalar bu mutasyonun incelenen yerli koyun ırklarında bulunmadığını göstermiştir. Ancak DNA dizi analiz yöntemi ile 2021 yılında BMPR-1B geninin Dağlıç ve Ramlıç koyunlarında araştırıldığı bir çalışmada ise çok sayıda SNP belirlenmiştir (Çelikeloğlu ve ark., 2021).

BMP-15 geni

Koyunlarda çoklu doğuma neden olan bir diğer önemli gen BMP15’dir. FecX olarak da adlandırılan gen, diğer majör genler arasında sahip olduğu yüksek varyasyondan dolayı üzerinde çok sayıda araştırmalar yapılmaktadır (Galloway ve ark., 2000). Gen, çoklu ovulasyon üzerindeki etkisini foliküler gelişim sırasında granüloza hücrelerinin çoğalmasını ve farklılaşmasını sağlayarak göstermektedir (Moore ve Shimasaki, 2005). Koyunlarda X kromozomu üzerinde yer alan BMP15 geni 2 ekzondan ve 1179 nükleotidden oluşmaktadır. Dünyada bu gen için farklı koyun ırklarında (Romney (FecX^L, FecG^H) (Galloway ve ark., 2000), Belclare ve Cambridge (FecX^G, FecG^E) (Hanrahan ve ark., 2004), Lacaune (FecX^L) (Bodin ve ark., 2007), Rasa aragonesa (FecX^R) (Martinez-Royo ve ark., 2008), Grivette ve Olkaska (FecX^{GR}, FecX^O) (Demars ve ark., 2013) ve Tunus Barbarin (FecX^{BAR}) (Lassoued ve ark., 2017) çok sayıda mutasyon tanımlanmıştır. BMP15 geninin çoklu doğumu arttırıcı özelliğinin yanısıra bu gendeki bazı mutasyonların koyunlarda homozigot olarak bulunması foliküler gelişimin tamamlanamamasına bağlı olarak kısırılık oluşmaktadır (Davis ark., 1992; Notter ark., 2008). Bu nedenle genetik ılsah çalışmalarında majör genlerin etkilerinin ırk düzeyinde bilinmesi oldukça önemlidir. Bununla birlikte istisnai durumlarda bulunmaktadır. Örneğin GWAS (genom boyu

ilişkilendirme çalışmaları) yönteminin kullanıldığı bir araştırmada FecX^{GR} ve FecX^O mutasyonlarının her ikisini homozigot mutant yapıda taşıyan Fransanın Grivette ve Polonyanın Osluska koyunlarında normalden daha fazla kuzu dünyaya gelmiştir (Demars ve ark., 2013). Genel olarak BMP15 gen mutasyonlarını heterozigot yapıda taşıyan koyunlarda çoklu doğumlarda artış görülmektedir. Örneğin, FecX^G mutasyonu bakımından heterozigot olan Çinin kısa kuyruklu Han koyunlarında çoklu doğum ortalaması bu mutasyonu taşımayan koyunlarınkinden 0,55 kat daha fazla bulunmuştur (Chu ve ark., 2007). Benzer sonuçlar farklı çalışmalarda da elde edilmiştir (Abdelgader ve ark., 2020).

Türkiye’de BMP15 geni ile ilgili yapılan araştırmalarda daha çok monomorfik sonuç elde edilmiştir. Ancak sınırlı sayıda araştırmada polimorfizm ve bunların çoklu doğum ile ilişkisinin araştırıldığı söylenebilir (Tablo 2). Kıvırcık ırkında yapılan bir araştırmada ise BMP15 geni üzerinde yer alan FecX^G lokusu bakımında tüm hayvanların homozigot mutant yapıda oldukları belirlenmiştir (Çobanoğlu ve Ardıçlı, 2022). Diğer bir araştırmada ise çalışılan tüm Kıvırcık koyunların aynı lokus bakımından heterozigot yapıda oldukları bulunmuştur (Gürsel ve ark., 2011).

Tablo 2. BMP15 geni ile ilgili yapılan çalışmalar

Koyun ırkları (N)	Yöntem	Polimorfizm	Yazarlar
Akkaraman (100)	PCR-RFLP	+	Kırıkçı (2023a)
Çepni (25), Of (25)	DNA dizi analizi	+	Kırıkçı (2023b)
Kıvırcık (19), Karacabey Merinosu (20), Sakız (140), İvesi (26), Çine Çaparı (19), Gökçeada (17), Karakaçan (19)	DNA dizi analizi	+	Aymaz, R. (2022)
Kıvırcık (91)	PCR-RFLP	-	Çobanoğlu ve Ardıçlı (2022)
Ramlıç (60), Dağlıç (60)	DNA dizi analizi	+	Çelikeloğlu ve ark. (2021)
İvesi (88)	PCR-RFLP	-	Gedik, Y. (2021)
Pırlak (16)	DNA dizi analizi	-	Çelikeloğlu ve ark.

			(2018)
Sakız (77)	PCR-RFLP	-	Diñçel ve ark. (2018)
Sakız (71)	PCR-RFLP	-	Diñçel ve ark. (2015)
Akkaraman (24), Dağlıç (19), İvesi (19), Tuj (15), Karakaş (19)	PCR-RFLP	-	Karşlı ve ark. (2012)
Kangal (42), Güney Karaman (29)	PCR-RFLP	-	Karşlı ve ark. (2011)
Kıvırcık (50), Sakız (50), İvesi (50), İmroz (50)	PCR-RFLP	-	Gürsel ve ark. (2011)
Bafra (66)	PCR-RFLP	-	Kurar ve ark. (2011)

N; örnek sayısı, +; polimorfizm var, -; polimorfizm yok

Genel olarak Türkiye’de BMP15 geninde olduğu gibi kullanılan başlıca yöntem PCR-RFLP olup son yıllarda DNA dizi analiz yönteminin kullanıldığı çalışmalara da rastlamak mümkündür. Burada DNA dizi analizi sayesinde polimorfik sonuçların elde edilebildiği ve yeni mutasyonların tespit edildiği hususuna değinmek faydalı olacaktır.

Teknolojide yaşanan ilerlemeye bağlı olarak moleküler tekniklerin gelişimi ile birlikte çiftlik hayvanlarında kantitatif özelliklerin oluşumunda genlerin rolü daha iyi anlaşılmaktadır. İleri teknolojiler sayesinde bugün çoklu doğum üzerine etki eden yeni mutasyonlar tanımlanmakta ve üremenin genetik mekanizmasının daha kapsamlı değerlendirilebilme olanağı doğmaktadır. Çin Mongolia ve Ujimqin koyun ırklarında İPLEX yöntemi ile yapılan SNP gentipleme çalışmasında BMP15 geninin ekzon, intron ve promotor bölgelerinde toplam 12 yeni mutasyon belirlenmiş ve bunlardan bazılarının ise çoklu doğumu istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttırdığı ortaya konmuştur (Wang ve ark., 2023). Diğer yandan ileri RNA sekans teknolojisi yardımıyla prolifik ve prolifik olmayan ırklar kullanılarak koyunlarda fertilitenin moleküler mekanizmasının daha iyi anlaşılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Miao ve Luo, 2013). Monteagudo ve ark., (2009) DNA dizi analizi ile Rasa Aragonesa koyun ırkında BMP15 geni üzerinde 17 baz çiftlik bir delesyonun çoklu doğum oranını 1,3 kat arttırdığını bulmuşlardır.

GDF9 geni

TGF- β ailesi üyelerinden olan GDF9 geni koyunlarda üremede önemli fonksiyonları bulunmaktadır (Al-Mutar ve ark., 2020). Koyun 5. kromozom üzerinde bulunan ve yaklaşık 2.5 kb büyüklüğünde olan GDF9 geni, 1126 bp uzunluğunda 1 intron ve 397 bp ve 968 bp uzunluklarında olan ekzon 1 ve ekzon 2 bölgelerinden oluşmaktadır (Hanrahan ve ark., 2004; Ghaffari ve ark., 2009). Başlıca oositlerde eksprese olan gen folikül gelişimi ve ovulasyonda önemli rol oynamaktadır. Günümüze kadar, GDF9 geni üzerinde çoklu doğum ile ilişkili çok sayıda mutasyon tanımlanmış olup (Hanrahan ve ark., 2004), son yıllarda ekzon bölgeleri dışında da yeni mutasyonlar belirlenmiştir (Tong ve ark., 2020).

GDF9 geni üzerinde bilinen 8 farklı mutasyon bulunmaktadır. Bu gen üzerindeki mutasyonların adlandırılması ise tespit edilme sırasına göre yapılmıştır (Hanrahan ve ark., 2004). İlk mutasyon G1 olup ekzon 1'de yer alırken diğer mutasyonlar (G2-G8) ekzon 2'de bulunmaktadır (Hanrahan ark., 2004). G1, G4, G6 ve G8 mutasyonları aminoasit değişimi ile sonuçlanırken, G2, G3 ve G5 mutasyonların oluşumu ise aminoasit sekans dizinde herhangi bir değişime yol açmamaktadır. BMP15 geninde olduğu gibi genel özellik olarak GDF9 gen mutasyonları da heterozigot durumda koyunlarda çoklu doğumu artırma eğilimindedirler. Birkaç örnek ile bunu açıklamak gerekirse, Belclare ve Cambridge koyunlarında G8 (FecG^H) mutasyonu için heterozigot koyunlarda ovulasyon oranında artış görülürken, homozigot mutant koyunlarda ise kısırılık olduğu bildirilmiştir (Hanrahan ve ark., 2004). G1 mutasyonunu iki kopya taşıyan koyunlarda ise doğan kuzu sayısı ortalaması (2,00±0,41) mutasyonu taşımayanlardan (1,59±0,09) yüksek bulunmuştur (Hossain ve ark., 2020).

Türkiye'de GDF9 geni ile ilgili yapılan çalışmalar çoğunlukla gen üzerindeki mutasyonların tanımlanmasına yönelik olup ilgili genin çoklu doğum üzerindeki etkisini inceleyen sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Tablo 1). Özellikle son yıllarda GDF9 genini inceleyen çalışmalarda artış görülmekle birlikte (Çelikeloğlu ve ark., 2021; Kırıkçı, 2022; Aymaz, 2022; Kırıkçı, 2023a; 2023b), genin çoklu doğum dışında süt verimi ve doğum ağırlığı üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalara da rastlamak mümkündür (Kılıç, 2018; Koyun ve ark., 2021). Akkaraman ırkı koyunlarda yapılan bir araştırmada GDF9 geni G1 mutasyonu bakımından heterozigot koyunların

çoklu doğum ortalamasının mutasyonu taşımayan koyunlardan %13 daha fazla olduğu belirtilmiştir (Kırıkçı 2023a).

Tablo 3. GDF9 geni ile ilgili yapılan çalışmalar

Koyun ırkları (n)	Yöntem	Polimorfizm	Yazarlar
Akkaraman (100)	PCR-RFLP	+	Kırıkçı (2023a)
Çepni (25), Of (25)	DNA dizi analizi	+	Kırıkçı (2023b)
Akkaraman (50)	PCR-RFLP	+	Kırıkçı (2022)
Kıvırcık (19), Karacabey Merinosu (20), Sakız (140), İvesi (26), Çine Çaparı (19), Gökçeada (17), Karakaçan (19)	DNA dizi analizi	+	Aymaz, R. (2022)
Ramlıç (60), Dağlıç (60)	DNA dizi analizi	+	Çelikeloğlu ve ark. (2021)
Karayaka (100)	PCR-RFLP	+	Kırıkçı ve ark. (2021)
Karakaş (30), Norduz (26)	DNA dizi analizi	+	Koyun ve ark. (2021)
Of (24)	PCR-RFLP	+	Kırıkçı ve Çam (2020)
İvesi	DNA dizi analizi	+	Kılıç, N. (2018)
Pırlak (16)	DNA dizi analizi	-	Çelikeloğlu ve ark. (2018)
Kıvırcık (50), Sakız (50), İvesi (50), İmroz (50)	PCR-RFLP	-	Gürsel ve ark. (2011)

N; örnek sayısı, **+**; polimorfizm var, **-**; polimorfizm yok

Türkiye’de çoklu doğum ile ilişkili aday genler üzerine yapılan araştırmalar birlikte incelendiğinde polimorfizm daha çok GDF9 geni üzerinde tespit edilmiştir. Diğer yandan tüm aday genler için araştırılan ırk ve örnek sayısı ile mutasyonların belirlenmesinde tercih edilen yöntemlere göre de elde edilen sonuçların farklılık gösterdiği söylenebilir. Mutasyon belirlemede başvurulacak çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Çoklu doğum ile ilişkili

genler üzerine yapılan çalışmalarda tercih edilen yaygın yöntemler ve bunların önemine değinmenin faydalı olacağı düşünülmektedir.

MUTASYON TANIMLAMADA KULLANILAN YÖNTEMLER

Günümüzde gelişen teknoloji sayesinde canlılara ait DNA düzeyinde genetik farklılıkların ortaya konmasında başvurulabilecek çok sayıda alternatif yöntemler bulunmaktadır. Özellikle koyunlarda çoklu doğum ile ilişkili aday genler üzerindeki bilinen majör ve olası yeni mutasyonların belirlenmesinde tercih edilen yöntemler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Araştırma için ayrılan finans kaynağından çalışmanın amacına göre değişen faktörlere bağlı olarak kullanılacak yöntemin seçimi değişkenlik göstermektedir. Eğer çalışmanın amacı sadece DNA dizisi üzerindeki bir nokta mutasyonunu belirlemek ve mutasyonun yer aldığı gen bölgesine ait olası diğer genetik değişimlerin belirlenmesi gibi bir amaç yoksa o zaman tercih edilen başlıca yöntem PCR-RFLP olmaktadır. Nitekim, koyunlarda yapılan genetik araştırmalarda tercih edilen yöntemlerin başında PCR-RFLP gelmektedir. Türkiye’de de yapılan çalışmalarda kullanılan başlıca yöntem de PCR-RFLP’dir. Bu yöntemden başka DNA dizileme, PCR-SSCP (polimeraz zincir reaksiyonu-tek zincir konformasyon polimorfizmi), T-ARMS-PCR (tetra primer amplifikasyon refrakter mutasyon sistem), GWAS gibi yöntemlerin de kullanıldığı çalışmalara rastlamak elbette mümkündür. Bu yöntemlerin maliyet, uygulanabilirlik ve verimlilik bakımından birbirlerine üstünlükleri bulunmaktadır. Hasmin ve ark. (2019), DNA zinciri üzerinde oluşan mutasyonların tespitinde kullanılan yöntemlerin önemine değinmiş ve sıklıkla tercih edilen PCR-RFLP ve PCR-SSCP yöntemlerini ele almıştır. Araştırmacılar PCR-RFLP yerine PCR-SSCP yönteminin mutasyonların ön tanımlamasında kullanışlı bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, araştırmacılar PCR-SSCP yönteminin PCR-RFLP’e göre oldukça karmaşık ve deneyim gerektiren bir süreç olduğuna değinerek DNA zinciri üzerinde genetik değişimlerin tanımlanmasında en güvenilir yöntemin DNA dizileme analizleri olduğunu belirtmiştir.

Koyunlarda çoklu doğum ile ilişkili aday genler üzerindeki mutasyonların belirlenmesinde başvuru bir diğer yaklaşım ise T-ARMS-PCR’dır. Ye ve ark. (1992) tarafından tasarlanan bu yöntemde mutasyona veya allele özgü primerler kullanılarak sadece bir PCR reaksiyonu ve

sonrasında ek işlem uygulanmadan sonuç alınabilmektedir. Her ne kadar koyunlarda T-ARMS-PCR yaklaşımının yer aldığı çalışmalar bulunsada (Polley ve ark., 2009; Dash ve ark., 2017; Shokrollahi ve Morammazi, 2018) ilgili yöntem kullanılarak elde edilecek sonuçların güvenilirliği ile ilgili tartışmalar bulunmaktadır.

Mutasyon belirleme çalışmalarında başarıyı etkileyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Bunların başında, kullanılan ırk, örnek ve örneklemelerin yapıldığı işletme sayısı, fenotipik verilerin bulunması ve kullanılan moleküler yöntemler gelmektedir. Özellikle yöntem ve örnek sayısının önemine burada değinmek gelecekte yapılacak bu alandaki çalışmalara yol gösterici olması bakımından faydalı olacaktır (Abdoli ve ark., 2018; Amini ve ark., 2018; Zamani ve ark., 2015). Abdoli ark. (2018) ve Amini ve ark. (2018) aynı koyun ırkı (İran Lori) ve bazı benzer genler üzerinde çoklu doğuma etki eden mutasyonların tanımlanmasına yönelik çalışmalarında; Amini ve ark. (2018) 96 koyun üzerinde çoklu doğum ile ilişkili yeni bir mutasyon tanımlamıştır. Abdoli ve ark. (2018)'nin çalışmasında ise sadece 10 koyun kullanılmış ve yeni bir mutasyon rapor edilmemiştir. Nitekim Amini ve ark. (2018)'nin yeni bir mutasyon tanımlaması sadece örnek sayısı ile ilişkili değil PCR-RFLP'nin yerine PCR-SSCP ve DNA dizileme yöntemini tercih etmelerinin sonucu olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde, Zamani ve ark. (2015) PCR-SSCP ve DNA dizileme yöntemleri ile BMP15 geni üzerinde 312 bp (baz çifti)'lik DNA zincirinin 57. pozisyonunda ortalama ovulasyon üzerinde önemli etkisi olan yeni bir nokta mutasyonu (G>A) tanımlamışlardır. İspanyanın Rasa Aragonesa koyun ırkı üzerinde yapılan başka bir çalışmada ise BMP15 geni exon 2 bölgesi üzerinde DNA dizileme yöntemi ile çoklu doğum üzerine etkili yeni bir mutasyon tanımlanmıştır (Calvo ve ark., 2020). Bu yöntem sayesinde çoklu doğum özelliğine sahip olmayan Mısır koyun ırklarında (Rahmani ve Ossimi) dahi GDF9 ve BMP15 genleri üzerinde iki tekli nükleotid polimorfizmin (SNPs) çoklu doğum üzerinde etkisi olduğu bulunmuştur (El-Halawany ve ark., 2018). Çoklu doğum özelliğine sahip İle de France ırkında da DNA dizi analiz yöntemi ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Souza ve ark., 2014). Özetlemek gerekirse bu çalışmalardan aday genler üzerindeki genetik değişimlerin belirlenmesinde veya yeni mutasyonların ortaya konmasında DNA dizileme etkin bir yöntemdir.

SONUÇ

Türkiye küçükbaş hayvan sayısı ve genetik çeşitliliği ile zengin bir ülkedir. Türkiye’de çoklu doğum ile ilişkili aday genler üzerine yapılan çalışmalar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, yerli koyun ırklarının genetik yapısının ileri moleküler yöntemler ile ortaya konması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Yerli koyun ırklarında çoklu doğumu etkileyen olası markörlerin belirlenmesi gelecekte yapılacak genetik ıslah çalışmalarına önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Abdelgader, A. Z., Musa, L. M., Tsubo, M., El-Hag, F. M., Saleem, A. O., Kurosaki, Y., ... & Ahmed, M. K. A. (2020). Galway Point Mutation (FecXG) in the Bone Morphogenetic Protein 15 Gene (BMP15) is Associated With Prolificacy in the Sudanese Desert Sheep Ecotypes.
- Abderahim, M. H., & Kaya, M. (2022). Investigation of The FecB Gene Mutation Prolific Ewes, 6th International Conference on Advances in Natural & Applied Science, Book of Abstract & Proceedings, Pages: 226-232.
- Abdoli, R., Mirhoseini, S. Z., Hossein-Zadeh, N. G., & Zamani, P. (2018). Screening for causative mutations of major prolificacy genes in Iranian fat-tailed sheep. *International Journal of Fertility & Sterility*, 12(1), 51.
- Abdoli, R., Zamani, P., Mirhoseini, S. Z., Ghavi Hossein-Zadeh, N., & Nadri, S. (2016). A review on prolificacy genes in sheep. *Reproduction in Domestic Animals*, 51(5), 631-637.
- Ağyar, O., & Kırıkçı, K. investigation of FecXI mutation by PCR-RFLP method in Awassi sheep breed. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 11(2), 88-93.
- Al-Mutar, H. A., & Younis, L. S. (2020). Effect of point mutation in the growth differentiation factor 9 gene of oocytes on the sterility and fertility of Awassi sheep. *Archives of Razi Institute*, 75(1), 101.
- Amini, H. R., Ajaki, A., Farahi, M., Heidari, M., Pirali, A., Forouzanfar, M., & Eghbalsaied, S. (2018). The novel T755C mutation in BMP15 is associated with the litter size of Iranian Afshari, Ghezel, and Shal breeds. *Archives Animal Breeding*, 61(1), 153-160.
- Analla, M., Munoz-Serrano, A., Serradilla, J. M. 1997. Analysis of the genetic relationship between litter size and weight traits in Segurena sheep. *Canadian Journal of Animal Science*, 77(1), 17-21.
- Bodin, L., Di Pasquale, E., Fabre, S., Bontoux, M., Monget, P., Persani, L., & Mulsant, P. (2007). A novel mutation in the bone morphogenetic protein 15 gene causing defective protein secretion is associated with both increased ovulation rate and sterility in Lacaune sheep. *Endocrinology*, 148(1), 393-400.
- Bonny, S. P., Gardner, G. E., Pethick, D. W., & Hocquette, J. F. (2017). Artificial meat and the future of the meat industry. *Animal Production Science*, 57(11), 2216-2223.
- Boztepe, S., Aytakin, İ., Şahin, Ö., & Coşkun, G. (2022). Yerli Kuzu Fabrikası Sakız Koyunu. *Akademisyen Kitabevi*.

- Bradford, G. E. (1985). Selection for litter size. In *Genetics of reproduction in sheep* (pp. 3-18). Butterworths, London.
- Calvo, J. H., Chantepie, L., Serrano, M., Sarto, M. P., Iguacel, L. P., Jiménez, M. Á., ... & Lahoz, B. (2020). A new allele in the BMP15 gene (FecXRA) that affects prolificacy co-segregates with FecXR and FecXGR in Rasa aragonesa sheep. *Theriogenology*, 144, 107-111.
- Campbell, B. K., Marsters, P., Baird, D. T., Walkdenbrown, S. W., Werf, J. H. J. V. D., Nimbkar, C., & Gupta, V. S. (2009). The mechanism of action of the FecB (Booroola) mutation. Use of the FecB (Booroola) gene in sheep-breeding programs, 46.
- Çelikeloğlu, K., Erdoğan, M., Hacan, Ö., Koçak, S., Bozkurt, Z., & Tekerli, M. (2018). Pırlak koyunlarında BMPR1B, BMP15 ve GDF9 genlerinde olası polimorfizmlerin araştırılması. *Kocatepe Veterinary Journal*, 11(4), 356-362.
- Çelikeloğlu, K., Tekerli, M., Erdoğan, M., Koçak, S., Hacan, Ö., & Bozkurt, Z. (2021). An investigation of the effects of BMPR1B, BMP15, and GDF9 genes on litter size in Ramlıç and Dağlıç sheep. *Archives Animal Breeding*, 64(1), 223-230.
- Chu, M. X., Liu, Z. H., Jiao, C. L., He, Y. Q., Fang, L., Ye, S. C., ... & Wang, J. Y. (2007). Mutations in BMPR-IB and BMP-15 genes are associated with litter size in Small Tailed Han sheep (*Ovis aries*). *Journal of Animal Science*, 85(3), 598-603.
- Çobanoğlu, Ö., & Ardıçlı, S. (2022) Screening for Galway Mutation (FecXG) in Kivircik Breed. *Black Sea Journal of Agriculture*, 5(1), 44-47.
- Dash, S., Maity, A., Bisoi, P. C., Palai, T. K., Polley, S., Mukherjee, A., & De, S. (2017). Coexistence of polymorphism in fecundity genes BMPR1B and GDF9 of Indian Kendrapada sheep. *Explor Anim Med Res*, 7(7), 33-38.
- Davis, G. H., Galloway, S. M., Ross, I. K., Gregan, S. M., Ward, J., Nimbkar, B. V., ... & Wilson, T. (2002). DNA tests in prolific sheep from eight countries provide new evidence on origin of the Booroola (FecB) mutation. *Biology of reproduction*, 66(6), 1869-1874.
- Davis, G. H., McEwan, J. C., Fennessy, P. F., Dodds, K. G., McNatty, K. P., & O, W. S. (1992). Infertility due to bilateral ovarian hypoplasia in sheep homozygous (FecX1 FecX1) for the Inverdale prolificacy gene located on the X chromosome. *Biology of reproduction*, 46(4), 636-640.
- Demars, J., Fabre, S., Sarry, J., Rossetti, R., Gilbert, H., Persani, L., ... & Bodin, L. (2013). Genome-wide association studies identify two novel

- BMP15 mutations responsible for an atypical hyperproliferacy phenotype in sheep. *PLoS Genetics*, 9(4), e1003482.
- Dinçel, D., Ardıçlı, S., Şamlı, H., & Balcı, F. (2018). Genotype frequency of FecXB (Belclare) mutation of BMP15 gene in Chios (Sakiz) sheep. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 37(2), 87-91.
- Dinçel, D., Ardıçlı, S., Soyudal, B., Er, M., Alpay, F., Şamlı, H., & Balcı, F. (2015). Analysis of FecB, BMP15 and CAST Gene Mutations in Sakiz Sheep. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21(4).
- Dube, J. L., Wang, P., Elvin, J., Lyons, K. M., Celeste, A. J., & Matzuk, M. M. (1998). The bone morphogenetic protein 15 gene is X-linked and expressed in oocytes. *Molecular endocrinology*, 12(12), 1809-1817.
- E. Kurar, Y. Ozsensoy, Z. Bulut, A. Guzeloglu, M. Nizamlioglu, 2011. Investigation of BMP15 and BMRP-1B gene mutations in prolific Sakiz sheep. *Reprod. Domest. Anim.* 46 (3) (2011) 121.
- El-Halawany, N., Kandil, O. M., Abd-El-Monsif, A. S., Al-Tohamy, A. F., El-Sayd, Y. A., Abdel-Shafy, H., ... & Jiang, Z. (2018). Investigating the effect of GDF9, BMP15, BMP6 and BMPR1B polymorphisms on Egyptian sheep fecundity and their transcripts expression in ovarian cells. *Small Ruminant Research*, 165, 34-40.
- Elvin, J. A., Yan, C., & Matzuk, M. M. (2000). Oocyte-expressed TGF- β superfamily members in female fertility. *Molecular and cellular endocrinology*, 159(1-2), 1-5.
- Gabiña, D. (1989). Improvement of the reproductive performance of Rasa Aragonesa flocks in frequent lambing systems. I. Effects of management system, age of ewe and season. *Livestock Production Science*, 22(1), 69-85.
- Galloway, S. M., McNatty, K. P., Cambridge, L. M., Laitinen, M. P., Juengel, J. L., Jokiranta, T. S., ... & Ritvos, O. (2000). Mutations in an oocyte-derived growth factor gene (BMP15) cause increased ovulation rate and infertility in a dosage-sensitive manner. *Nature genetics*, 25(3), 279-283.
- Gedik, Y. (2021). Screening for Inverdale (FecXI) Mutation in BMP15 Gene in Prolific Turkish Awassi Sheep. *Black Sea Journal of Agriculture*, 4(4), 130-132.
- Ghaffari, M., Nejati-Javaremi, N., & Rahimi-Mianji, G. (2009). Lack of polymorphism in the oocyte derived growth factor (GDF9) gene in the Shal breed of sheep. *South African Journal of Animal Science*, 39(4).
- Gürsel, F.E., Akış, I., Durak, H., Mengi, A., Öztapak, K. (2011). Determination of BMP-15, BMPR-1B and GDF-9 gene mutations of

- the indigenous sheep breeds in Turkey. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(5).
- Hanrahan, J. P., Gregan, S. M., Mulsant, P., Mullen, M., Davis, G. H., Powell, R., & Galloway, S. M. (2004). Mutations in the genes for oocyte-derived growth factors GDF9 and BMP15 are associated with both increased ovulation rate and sterility in Cambridge and Belclare sheep (*Ovis aries*). *Biology of reproduction*, 70(4), 900-909.
- Hashim, H. O., & Al-Shuhaib, M. B. S. (2019). Exploring the potential and limitations of PCR-RFLP and PCR-SSCP for SNP detection: A review. *Journal of Applied Biotechnology Reports*, 6(4), 137-144.
- Hatzirodos, N., Bayne, R.A., Irving-Rodgers, H.F., Hummitzsch, K., Sabatier, L., Lee, S., Bonner, W., Gibson, M.A., Rainey, W.E., Carr, B.R., Mason, H.D., Reinhardt, D.P., Anderson, R.A., Rodgers, R.J., 2011. Linkage of regulators of TGF-beta activity in the fetal ovary to polycystic ovary syndrome. *FASEB J.* 25, 2256–2265.
- Hossain, F., Suma, S. A., & Bhuiyan, M. S. A. (2020). Association of GDF9 gene polymorphisms with litter size in indigenous sheep of Bangladesh, *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*, 7(2), 283-292.
- Karlı, T., & Balcıoğlu, M.S. (2011). Türkiye'de yetiştirilen altı yerli koyun ırkında BMPR-IB (Booroola) Geninde FecB allel varlığının PCR-RFLP yöntemiyle araştırılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(5). *Tarım Bilimleri Dergisi*, (16), 55-61.
- Karsli, T., Sahin, E., Karsli, B. A., Alkan, S., & Balcıoğlu, M. S. (2012). An investigation of mutations (FecX^G, FecX^I, FecX^H, FecX^B) on BMP-15 gene in some local sheep breeds raised in Turkey. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1), 29-33.
- Karlı, T., Şahin, E., Karsli, B. A., Eren, M. G., & Balcıoğlu, M. S. (2011). “Kangal ve Güney Karaman koyunlarında FecB, FecXG, FecXH Allellerinin PZR-RFLP yöntemi kullanılarak araştırılması”, *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 51(2), 71-80.
- Kılıç, N. (2018). İvesi koyunlarında doğum ağırlığı üzerine GDF9 geni tek nükleotid polimorfizmlerin (SNP) etkisinin araştırılması (Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kırıkçı, K. (2022). Polymorphism of the Calpastatin (CAST) and Growth Differentiation Factor 9 (GDF9) genes in Akkaraman Sheep Breed. *Hayvansal Üretim*, 63(1), 21-26.
- Kırıkçı, K. (2023a). Investigation of BMP15 and GDF9 gene polymorphisms and their effects on litter size in Anatolian sheep breed Akkaraman, *Turkish Journal of Veterinary & Animal Science*, 47(3), 248-254.

- Kırıkçı, K. (2023b). Investigation of SNPs in BMP15 and GDF9 genes in "Çepni" and "Of" sheep in the Black Sea region of Turkey, *Turkish Journal of Veterinary & Animal Science*, 47(3), 293-300.
- Kırıkçı, K., & Mehmet, C. A. M. (2020). Türkiye yöresel yeni koyun tipi Of koyunlarında GDF9 (FecG1) gen polimorfizminin PCR-RFLP yöntemi ile Araştırılması. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 10(2), 98-102.
- Kirikci, K., Cam, M. A., & Mercan, L. (2021). Investigation of G1 (c. 260G>A) polymorphism in exon 1 of GDF9 gene in Turkish sheepbreed Karayaka. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 45(1), 191-197.
- Koyun, H., Kiraz, S., Karaca, S., Koncagül, S., Yilmaz, A., Karakuş, K., ... & Aygün, T. (2021). Single nucleotide polymorphisms of GDF9 gene/exon 2 region and their associations with milk yield and milk content traits in Karakaş and Norduz sheep breeds. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 45(5), 881-889.
- Lassoued, N., Benkhilil, Z., Woloszyn, F., Rejeb, A., Aouina, M., Rekik, M., ... & Bedhief-Romdhani, S. (2017). FecX Bar a Novel BMP15 mutation responsible for prolificacy and female sterility in Tunisian Barbarine Sheep. *BMC genetics*, 18, 1-10.
- Martinez-Royo, A., Jurado, J. J., Smulders, J. P., Marti, J. I., Alabart, J. L., Roche, A., ... & Calvo, J. H. (2008). A deletion in the bone morphogenetic protein 15 gene causes sterility and increased prolificacy in Rasa Aragonesa sheep. *Animal genetics*, 39(3), 294-297.
- McLeod, B. J., Fenton, L. F., Davis, G. H., Bruce, G. D., Manley, T. R., & Johnstone, P. D. (1997). Identifying infertile homozygous Inverdale (FecXI) ewe lambs on the basis of genotype differences in reproductive hormone concentrations. *Animal Reproduction Science*, 47(4), 291-302.
- Miao, X., & Luo, Q. (2013). Genome-wide transcriptome analysis between small-tail Han sheep and the Surabaya fur sheep using high-throughput RNA sequencing. *Reproduction*, 145(6), 587-596.
- Monteagudo, L. V., Ponz, R., Tejedor, M. T., Lavina, A., & Sierra, I. (2009). A 17 bp deletion in the Bone Morphogenetic Protein 15 (BMP15) gene is associated to increased prolificacy in the Rasa Aragonesa sheep breed. *Animal reproduction science*, 110(1-2), 139-146.
- Moore, R. K., & Shimasaki, S. (2005). Molecular biology and physiological role of the oocyte factor, BMP-15. *Molecular and cellular endocrinology*, 234(1-2), 67-73.

- Mulsant, P., Lecerf, F., Fabre, S., Schibler, L., Monget, P., Lanneluc, I., ... & Elsen, J. M. (2001). Mutation in bone morphogenetic protein receptor-IB is associated with increased ovulation rate in Booroola Merino ewes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(9), 5104-5109.
- Notter, D. R. (2008). Genetic aspects of reproduction in sheep. *Reproduction in Domestic Animals*, 43, 122-128.
- Özen Polat, 2006. Sakız koyun ırkında BMPR-IB geninde çoklu doğuma neden olabilecek FecB alleli varlığının PCR-RFLP yöntemi ile araştırılması, Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey).
- Piper LR & Bindon BM. (1982). The Booroola Merino and the performance of medium non-Peppin crosses at Armidale. In *The Booroola Merino*, pp 9–20. Eds LR Piper, BM Bindon, RD Nethery. Melbourne: Ed. CSIRO.
- Polley, S., De, S., Batabyal, S., Kaushik, R., Yadav, P., Arora, J. S., ... & Goswami, S. L. (2009). Polymorphism of fecundity genes (BMPR1B, BMP15 and GDF9) in the Indian prolific Black Bengal goat. *Small Ruminant Research*, 85(2-3), 122-129.
- Savas, T., Röhe, R., & Kalm, E. (2000). Schätzung genetischer Parameter für die Fruchtbarkeitsleistung beim Schaf. *Züchtungskunde*, 72, 217-229.
- Shokrollahi, B., & Morammazi, S. (2018). Polymorphism of GDF 9 and BMPR 1B genes and their association with litter size in Markhoz goats. *Reproduction in domestic animals*, 53(4), 971-978.
- Souza, C. J. H., MacDougall, C., Campbell, B. K., McNeilly, A. S., & Baird, D. T. (2001). The Booroola (FecB) phenotype is associated with a mutation in the bone morphogenetic receptor type 1 B (BMPR1B) gene. *Journal of Endocrinology*, 169(2), R1.
- Tong, B., Wang, J., Cheng, Z., Liu, J., Wu, Y., Li, Y., ... & Li, G. (2020). Novel variants in GDF9 gene affect promoter activity and litter size in Mongolia sheep. *Genes*, 11(4), 375.
- Unlusoy, I., & Ertugrul, O. (2016). The effects of exon 2 of inhibin β B gene and exon 3 of FSHB gene on litter size in Akkaraman and Bafra sheep breeds. *Kafkas Üniv. Vet. Fakültesi Derg.*, 22, 771-776.
- Våge, D. I., Husdal, M., Kent, M. P., Klemetsdal, G., & Boman, I. A. (2013). A missense mutation in growth differentiation factor 9 (GDF9) is strongly associated with litter size in sheep. *BMC genetics*, 14, 1-8.
- Vatankhah, M., & Talebi, M. A. (2008). Heritability estimates and correlations between production and reproductive traits in Lori-Bakhtiari sheep in Iran. *South African Journal of Animal Science*, 38(2), 110-118.

- Wang, J. Q., & Cao, W. G. (2011). Progress in exploring genes for high fertility in ewes. *Yi Chuan= Hereditas*, 33(9), 953-961.
- Wang, W., La, Y., Li, F., Liu, S., Pan, X., Li, C., & Zhang, X. (2020). Molecular characterization and expression profiles of the ovine LH β gene and its association with litter size in Chinese indigenous Small-Tailed Han sheep. *Animals*, 10(3), 460.
- Wang, W., Liu, S., Li, F., Pan, X., Li, C., Zhang, X., ... & Li, T. (2015). Polymorphisms of the ovine BMPR-IB, BMP-15 and FSHR and their associations with litter size in two Chinese indigenous sheep breeds. *International journal of molecular sciences*, 16(5), 11385-11397.
- Wang, Y., Chi, Z., Jia, S., Zhao, S., Cao, G., Purev, C., ... & Tong, B. (2023). Effects of novel variants in BMP15 gene on litter size in Mongolia and Ujimqin sheep breeds. *Theriogenology*, 198, 1-11.
- Wen, Y. L., Guo, X. F., Ma, L., Zhang, X. S., Zhang, J. L., Zhao, S. G., & Chu, M. X. (2021). The expression and mutation of BMPR1B and its association with litter size in small-tail Han sheep (*Ovis aries*). *Archives Animal Breeding*, 64(1), 211-221.
- Ye, S., Humphries, S., & Green, F. (1992). Allele specific amplification by tetra-primer PCR. *Nucleic Acids Research*, 20(5), 1152.
- Zamani, P., Nadri, S., Saffaripour, R., Ahmadi, A., Dashti, F., & Abdoli, R. (2015). A new mutation in exon 2 of the bone morphogenetic protein 15 gene is associated with increase in prolificacy of Mehraban and Lori sheep, *Tropical animal health and production*, 47(5), 855-860.

BÖLÜM 16

MELOIDOGYNE INCOGNITA VE ALTERNARIA SOLANI'YE KARŞI ALTERNATİF MÜCADELE OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Didem SAĞLAM ALTINKÖY¹
Doç. Dr. Abdurrahman ONARAN²

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Kırşehir, Türkiye. didemsaglam@ahievran.edu.tr Orcid ID: 0000-0001-8925-1305

²Akdeniz Üniversitesi, Kumluca Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Seracılık Programı Antalya, Türkiye. abdonaran@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0003-0665-8535

GİRİŞ

Türkiye iklim koşullarının uygunluğu ve coğrafik yapısı sayesinde birçok tarım ürününün yetişmesine elverişli bir konuma sahiptir. Ülkemiz sebze üretimi bakımından dünyada Çin, Hindistan, Amerika'dan sonra 4. sırada yer almaktadır. 2022 verilerine göre 31,6 milyon ton sebze üretimimiz gerçekleşmiştir (Anonim, 2023).

Dünyada ve ülkemizde sebzelerde önemli verim kayıplarına neden olan etmenlerden biri bitki paraziti nematodlardır. Sebzelerde zararlı bitki paraziti nematod türlerinden en önemlisi olan Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) ile bulaşık olan alanlarda gerekli önlemlerin alınmadığı takdirde ürün kaybının %100'e yaklaştığı bilinmektedir (Perry ve ark., 2010). *Meloidogyne* türleri arasında sebze alanlarında görünen en yaygın türler *M. incognita*, *M. javanica*, ve *M.hapla*'dır (Perry ve ark., 2010; Özaslandan ve Elekçioğlu, 2010). *Meloidogyne* cinsi kök-ur nematodları köklerde ur benzeri deformasyonlara sebep olduklarından bitkiler iyi gelişemez ve eğer enfeksiyon zararı yüksekse ölümler görülür. Kullanılan nematisitlerin çoğu *Meloidogyne* türleri ile mücadele için ruhsatlandırılmıştır.

Sebze alanlarında görülen önemli hastalıklardan biri de *Alternaria solani*'dir. *A. solani*'nin neden olduğu erken yanıklık hastalığının üretimde en az %10 ürün kaybına neden olduğu bildirilmektedir (Agrios,1988). Fungal hastalık etmeni, sebzeleri, süs bitkilerini ve meyve türlerini enfekte etmektedir. Fakat ekonomik olarak en fazla Solanaceae familyasına ait bitkilerde zarara neden olmaktadır (Agrios,1988). Patojen domates bitkisinin yaprak, gövde, meyve, kök ve kök boğazında belirtiler oluşturmaktadır. *A. solani*'nin oluşturduğu belirtilerin en tipik özelliği, lezyonların hafif çökük ve iç içe geçmiş halkalardan oluşmasıdır. Patojen meyvelerde oluşturduğu lezyonlarla önemli verim kaybına, böylece ürünün pazar değerini düşürerek ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Yiğit, 1993; Agrios, 1997).

Dünyada ve ülkemizde tarımsal ürünlerden kaliteli ve en yüksek verimi alabilmek için bitki hastalıkları, zararlılar ve yabancı otlarla mücadele yapılmaktadır. Bu mücadele yöntemlerinden en yaygın kullanılanı kimyasal ilaçlarla yapılan mücadele yöntemidir. Kimyasal savaşım yüksek etkinliğe sahip olması ve hızlı şekilde soruna sonuç vermesi bakımından üreticiler tarafından tercih edilmektedir (De Waard ve ark., 1993; Ragsdale, 1994). Ülkemizde 2022 yılı verilerine göre 55.374 ton pestisit kullanılmıştır (Anonim

2023). Kullanılan pestisitlerin %28'i Akdeniz Bölgesinde, %23,9'u Ege Bölgesinde ve %17,7'si ise Marmara Bölgelerinde kullanıldığı bildirilmiştir (Özercan ve Taşçı, 2022). Ancak son yıllarda çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlardan dolayı ticari formülasyonların kullanımını sınırlanmakta yerine çevre ve insan sağlığına toksisitesi düşük, hedef alınan organizmayı baskı altına alabilen, kalıntı riski oluşturmayan formülasyonların geliştirilmesi desteklenmektedir. Kimyasal pestisitlere alternatif olarak bitkisel kökenli pestisitlerin üzerine çalışmalar artmıştır.

Bitkisel kökenli pestisitler, bitkilerden çeşitli yöntemlerle elde edilen zararlı, hastalık ve yabancı otlara karşı öldürücü etki gösteren bileşiklerdir. Bunlar, işlenmemiş bitkisel materyaller, bitki ekstraktları ve bitkilerden izole edilen saf bileşikler gibi değişik formlarda olabilmektedirler (Maiteki ve Lamb 1985, Naqui ve ark., 1989, Dimetry ve Schmidt 1992).

Bitki ekstraktlarının bitki paraziti nematodları ve bitki hastalıkları ile mücadelede kullanılması üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında; Adegbite ve Adesiyan (2005) Soya fasulyesinde zarar meydana getiren *M.incognita*'nın *Chromolaena odorata*, *Azadirachta indica*, *Ricinus communis* ve *Cymbopogon citratus* bitki ekstraktlarına karşı nematisidal etkilerini incelemiş ve *A. indica*'nın yumurta açılımına ve ölüm oranına etkisinin yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Hatipoğlu ve Kaşkavalcı (2007) kök-ur nematodları ve hastalık etmenlerine karşı alternatif mücadele yöntemleri denemişlerdir. Hint yağı (*Ricinus communis*), zakkum (*Nerium oleander*), eşek hıyarı (*Ecbalium elaterium*) ve kadife çiçeği (*Tagetes erecta*) uygulanan domates bitkileri pozitif kontrolle karşılaştırıldığında daha az urlanmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir. Söğüt ve Elekçioğlu (2007) *T.erecta* ve *Tagetes patula* cv. Hero 'nın kök ve bitki parçaları ile 3 farklı yeşil gübreleme tipinin Biber bitkisinde zarar meydana getiren *M. incognita* karşı laboratuvar koşullarında araştırmışlardır. Denemeye alınan bitkilerin saksılara farklı gübre uygulamalarının ve *T.erecta* ve *T. patula*'nın etkinlik açısından önemli bir fark oluşturmadığını tespit etmişlerdir. Cayuela ve ark., (2008) yapmış oldukları çalışmada zeytin yağı atıklarının yabancı otlara, fungusu ve nematodlara karşı az bilinen biyopestisit etkisini araştırmışlardır. *M.incognita*'ya karşı uygulandığında yumurtadan çıkışı ve 2.dönem larvaları öldürme oranının yüksek olduğu ve sonuçta sürdürülebilir tarımda kullanılabilecek uygun bir kompost gübre ve biyopestisit özelliği taşıdığını bildirmektedirler. Aydınlı ve Mennan

(2009) lahanaya yetiştirilen alanlarda zararlı olan *Heterodera crucifera*'ya karşı 10 farklı yabancı ot ekstraktı denemeleri ve *Urtica urens*, *Cyperus rotundus* ile *Bifora radians*'nın nematod popülasyonunu düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Ayrıca bitki ekstraktlarının lahanaya bitkisinin gelişimine etkileri istatistik olarak önemli bulunmadığını bildirmişlerdir. Dura ve Kaşkavalı (2009) organik domates yetiştiriciliğinde *M. incognita* ile mücadelede alternatif mücadele yöntemleri araştırdıkları çalışmada *Ricinus communis*, *Brassica oleracea var.italica* ve *T. erecta* bitkilerinin, solarizasyon uygulaması, nematoda karşı dayanıklı olduğu bilinen aşılı bitkiyi *M.incognita*'ya karşı denemelerdir. Çalışmanın sonucunda *R.communis*, ve aşılı fidelerde nematod popülasyonunun düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Wiratno ve ark., (2009) *M. incognita*'ya karşı farklı bitki ekstraktlarının etkinliğini denemeler ve karanfilin nematisidal etkisinin oldukça etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Alternaria solani'nin mücadelesinde Özcan ve Boyraz (2000) yaptıkları çalışmada bazı bitki ekstraktlarının önemli hastalık etmenlerine karşı etkinliğini belirlemişlerdir. Adaçayının antifungal etkinliğinin çok az olduğunu buna karşın yabancı kekik ve kekiğin antifungal etkinlik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Çakır ve ark. (2005) *Hypericum linarioides*'in antifungal etkinliğini belirledikleri çalışmada 11 önemli patojene karşı denemeler ve *H.linarioides* yağının *Verticillium albom-atrum* ve *Rhizoctonia solani* (AG-9)'ye karşı antifungal etki gösterdiği ayrıca *H.linarioides* 'nın eter, kloroform, aseton ve metanol ekstraktlarının ise *A. solani*, *F. culmorum*, *F. equiseti* ve *R. solani* ye karşı orta düzeyde antifungal etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Ravikumar ve Garampalli (2013) *A.solani*' ye karşı 39 bitki ekstraktının % 4 'lük konsantrasyonunun PDA'da misel gelişimi üzerine etkisini inceledikleri çalışmada *C. trichotoma* (36.6%), *C. aurantifolia* (27.3%), *A. indica* (23.7%), *P. longifolia* (23.3%), *D. metel* (21.3%), *M. calabura* (20.09%) ve *O. latifolia* (20.09%)'nın antifungal etki gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Yapılan bu çalışma ile ülkemiz florasında doğal olarak yetişmekte olan 13 bitki türünün farklı kısımlarından elde edilen bitki ekstraktlarının kök-ur nematodlarından *Meloidogyne incognita* ve *Alternaria solani*'ye karşı olan nematisit ve fungusit etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bitki Materyalinin Toplanması

Denemede kullanılan bitkiler 2015 yılında Nisan- Eylül ayları arasında Düzce, Trabzon, Tokat, Antalya ve Kırşehir'den toplanmıştır (Tablo 1). Toplanan örnekler ön temizlik aşamasından sonra kök, yaprak, meyve veya toprak üstü aksam olarak dikkatli bir şekilde karanlık bir odada kurutma kağıtları üzerine serilerek oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kurutulan bitki parçaları değirmen yardımı ile öğütülerek kavanozlara konulmuştur. Direkt olarak güneş ışığı almayan ortamda denemelerde kullanılıncaya kadar saklanmıştır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan bitki türlerinin Latince adı, Türkçe adı, familyası, kullanılan kısmı ve toplandığı iller

No	Latince Adı	Türkçe Adı	Familyası	Kullanılan Kısım	Toplandığı İl
1	<i>Trachystemon orientalis</i> L.	Kaldirik	Boraginaceae	Kök	Düzce
2	<i>Rhododendron ponticum</i> L.	Mor çiçekli orman gülü	Ericaceae	Yaprak	Düzce
3	<i>Heracleum platytaenium</i> Boiss.	Öğrek otu	Apiaceae	Toprak üstü kısmı	Trabzon
4	<i>İsatis glauca</i> Aucher ex Boiss.	Çivit otu	Brassicaceae	Toprak üstü aksamı	Tokat
5	<i>Medicago sativa</i> L.	Yonca	Fabaceae	Toprak üstü aksamı	Tokat
6	<i>Polygonum cognatum</i> Meisn.	Madımak	Polygonaceae	Toprak üstü aksamı	Tokat
7	<i>Luquidambar orientalis</i> L.	Anadolu sığla ağacı	Altingineceae	Yaprak	Antalya
8	<i>Myrtus communis</i> L.	Mersin	Myrtaceae	Toprak üstü aksamı	Antalya

9	<i>Vitex agnus-castus</i> L.	Hayıt	Verbenaceae	Yaprak	Antalya
10	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	At kestanesi	Sapindaceae	Meyve	Kırşehir
11	<i>Salix babylonica</i> L.	Salkım söğüt	Salicaceae	Yaprak	Kırşehir
12	<i>Pyracantha coccinea</i> Roem.	Kızıl ateş diken	Rosaceae	Yaprak	Kırşehir
13	<i>Taraxacum officinale</i> G.	Aslan dişi	Asteraceae	Toprak üstü aksamı	Kırşehir

Nematod Kültürünün Oluşturulması

Kök-ur nematodlarından *Meloidogyne incognita* kültürü Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü serasında hassas domates çeşidi Falcon üzerinde yetiştirilmiştir. Domates bitkilerinin köklerinden *M. incognita*' ya ait yumurta paketlerinin elde edilmesi için kökler dikkatli bir şekilde yıkanarak, 1 lt'lik kavanoz içine 1 cm kadar uzunlukta kesilerek konulmuştur. Üzerine %0,525'lik 200 ml NaOCl solüsyonu eklenerek, 3-5 dakika kadar çalkalama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra 500 mesh ve üzerine yerleştirilen 200 mesh'lik eleklerle kavanozdaki NaOCl çözeltisi dökülerek, elekler su ile durulanmıştır. Bu işlemlerden sonra üsteki elek alınarak, alttaki elek üzerinde kalan yumurta kitlesi beherlere aktarılıp (Hussey ve Barker, 1973) elde edilen nematod yumurtaları daha sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere buzdolabında +4 °C de muhafaza edilmiştir.

Fungus Kültürünün Oluşturulması

Çalışmada kullanılan bitki patojeni fungus Antalya bölgesindeki seralara gelişme döneminde (Nisan-Mayıs aylarında) hastalık belirtisi görülen bitkilerden toplanmıştır. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji Laboratuvarında izolasyon çalışmaları yapılmıştır. Fungus kültürü, 20 ml potato dextrose agar (PDA) içeren 90 mm petri kaplarında 25±2 °C' de 7 gün geliştirildikten sonra çalışmada kullanılmıştır.

Bitki Ekstraktlarının Hazırlanması

Su ekstraktının elde edilmesi

Su ekstraktlarının elde edilmesi amacıyla, öğütülmüş bitki materyallerinin her birinden 50 gr tartılıp 1lt erlenlere konulmuştur. Üzerine 500ml steril saf su (pH 6,5) ilave edilmiştir. Çözelti oda sıcaklığında orbital çalkalayıcıda 24 saat ekstraksiyona bırakılmış, daha sonra kaba filtre kağıdından süzdürülüp, elde edilen ekstraktlar, 5000 devirde 10 dk santrifüj edildikten sonra, 0,45µm membran filtre kağıdı kullanılarak vakum filtrasyon sisteminden geçirilmiştir (Onaran ve Yılar, 2012). Bu sayede ortamdaki bulaşma ihtimali olan bazı bakteri ve fungusların uzaklaştırılması sağlanmıştır. Elde edilen sulu ekstraktın özgül konsantrasyonu %10'dur. Bu ekstrakt stok çözelti olarak kullanılmıştır. Su ekstraktı hazırlandıktan sonra 24 saat içinde denemelerde kullanılmıştır. Su ekstraktı sadece nematod denemelerinde kullanılmıştır. Fungus denemelerinde değerlendirmeye alınmamıştır

Organik çözücü ekstraktlarının elde edilmesi

Organik çözücü ekstraktlarının elde edilmesi amacıyla, öğütülmüş bitki materyallerinden 100gr tartılarak 1 lt erlenlere transfer edilmiştir (Gökçe ve ark., 2006). Bitki materyalleri 1:5 oranında (w/v, bitki materyali/organik çözücü) organik çözücü (metanol) ile muamele edilmesi amacıyla orbital çalkalayıcıda 150 rpm 30 °C'de 24 saat boyunca çalkalama işlemine tabi tutulmuştur (Nguyen ve ark., 2013). Daha sonra bitki materyalleri ve organik çözücü kaba filtre kağıdından süzülerek bitki materyalleri süspansiyondan ayrılmıştır. Elde edilen karışımdan metanol evaporatör yardımıyla ortamdaki uzaklaştırılarak bitki ekstraktları elde edilmiştir. Elde edilen bu ekstraktlar kullanılacakları zamana kadar buzdolabında 4±1 °C 25 ml steril kimyasal maddelerle reaksiyona girmeyen plastik tüplerde saklanmışlardır (Gökçe ve ark., 2006). Organik çözücü ekstraktları hem nematod hem de fungus denemelerinde kullanılarak değerlendirmeye alınmıştır.

Laboratuvar Koşullarında Bitki Ekstraktlarının Nematosisit ve Antifungal Etkinliklerinin Belirlenmesi

Bitki Ekstraktlarının *Meloidogyne incognita* Yumurta Açılımına Etkileri

Kök-ur nematodu *M.incognita*'nın yumurta açılımına karşı söz konusu olan bitki ekstraktlarının etkileri petri deneme çalışmalarıyla ortaya konulmuştur. Uygulamada, bitki ekstraktlarının 6 farklı (1000 ppm, 500 ppm, 250 ppm, 125 ppm, 62,5 ppm ve 31,25 ppm) dozları 100±8 adet *Meloidogyne* yumurtalarına karşı 24'lü derin kuyulu mikro plakalarda uygulanmıştır. Uygulamalardan 3, 9, 24, 48 ve 96 saat sonra açılan yumurta sayımları kaydedilmiştir (Bello ve ark., 2006). Deneme her bir konsantrasyon için 10 tekerrürlü olarak kurulup 2 kez tekrar edilmiştir. Pozitif kontrol olarak Fenamiphos (Nemacur EC400, Bayer) etkin maddeli nematosisit, negatif kontrol olarak ise steril saf su kullanılmıştır.

Bitki Ekstraktlarının *Meloidogyne incognita* 2. Dönem Larvalarına Etkileri

Kök-ur nematodu *M.incognita*'nın 2.dönem larvalarına karşı söz konusu olan bitki ekstraktlarının etkileri petri denemeleri olarak ortaya konulmuştur. Bitki ekstraktlarının 6 farklı (1000 ppm, 500 ppm, 250 ppm, 125 ppm, 62,5 ppm ve 31,25 ppm) konsantrasyonu 100±10 adet yumurtadan yeni çıkan larvalara karşı 24'lü derin kuyulu mikro plakalarda uygulanmıştır. *Meloidogyne* yumurta ve yumurta paketleri distile su içerisinde toplanıp Barmanne huni yöntemi kullanılarak oda sıcaklığı koşullarında yumurtadan 2. dönem larvaların çıkışı sağlanmıştır. 24 saat içerisinde çıkış yapan larvalar denemeye alınmıştır. Mikro plakalar içerisine 1 ml farklı konsantrasyonlarda konan bitki ekstraktlarının 24, 48 ve 72 saat sonra 2. dönem larvalar üzerine etkinlikleri mikroskop altında değerlendirilmiştir. Bitki ekstraktlarının toksisitesi ölen birey sayısı ile belirlenip, 2. dönem larvaların ölüp ölmediği bir iğne yardımıyla nematoda dokunularak hareket edip etmediğine göre belirlenmiştir. Hareket etmiyorsa ölü sayılmıştır (Cayrol ve ark., 1989). Pozitif kontrol olarak Fenamiphos (Nemacur EC400, Bayer) etkin maddeli nematosisit, negatif kontrol olarak ise sulu ekstraktlar için steril saf su ve metanol ekstraktı için ise %1'lik DMSO kullanılmıştır.

Bitki ekstraktlarının in vitro da antifungal etkisi

Hazırlanan PDA'lar otoklav edilerek 40°C'ye kadar soğutulmuştur. Elde edilmiş olan bitki ekstraktları (Metanol) son konsantrasyonlar 1, 2.5 ve 5 mg/ml olacak şekilde eritilmiş steril PDA ile karıştırılmıştır. PDA 60 mm çaplı petri kaplarına (10 mm olacak şekilde) aktarılmıştır. Daha önce elde edilmiş olan 7 günlük fungus kültürlerinden alınan miselyum diskler (5mm çapında) petri kaplarına aktarılmıştır. Fungus kültürleri inokülasyondan sonra 25±2°C'de 7 gün inkübasyona bırakılmıştır. Fungal gelişimler her günün sonunda kaydedilip bu işlem 7 gün boyunca devam etmiştir (Pandey ve ark., 1982). Pandey ve ark., 1982' e göre gelişimdeki engelleme kontroldeki gelişime kıyaslanarak yüzde miselyum gelişmesi hesaplanmıştır. Pozitif kontrol olarak standart bir fungusit kullanılmıştır. Deneme 4 tekerrürlü olarak yürütülmüş ve 2 kez tekrar edilmiştir.

Yüzde miselyum gelişmesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Pandey ve ark., 1982).

$$I=100 \times (dc - dt) / dc$$

I; Yüzde miselyum gelişmesi, **dc;** Kontroldeki miselyum gelişmesi
dt; Davranışlardaki miselyum gelişmesi

Veri Analizleri

Bitki ekstraktlarının yumurta açılım ve 2. dönem larvaların ölüm oranı verilerinin istatistiki analizlerinde SPSS paket programı kullanılarak ANOVA varyans analizi yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklar Duncan çoklu karşılaştırma yöntemine göre değerlendirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bitki Ekstraktlarının *Meloidogyne incognita* yumurta açılımına etkileri

Yürütülen bu çalışma ile 13 bitkinin 6 farklı dozu, 5 farklı zaman diliminde (3, 9, 24, 48 ve 96 saat) *Meloidogyne incognita* yumurtalarına etkileri incelenmiştir. Bütün denemeler değerlendirildiğinde hem su hem de metanol ekstraktlarının 1000 ppm düzeyindeki dozu *M. incognita* için pozitif kontrol ile eş değer bulunmuştur. Ele alınan bütün bitki ekstraktları farklı düzeylerde de

olsa nematisit etkisi göstermiştir. Doz arttıkça nematisit etkinliğinin de artış gösterdiği tespit edilmiştir.

T.orientalis'in hem su hem de metanol ekstraktının dozu artış gösterdikçe yumurta açılımı düşürdüğü belirlenmiştir. Aradaki fark istatistiği olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 2,3).

Tablo 2. *Trachystemon orientalis*'in su ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	0,3±0,1	2,6±0,6	6,8±1,5	9,9±2,2	12,1±2,7
125	0,7±0,3	11,4±0,7	18,79±4,2	24,9±5,6	31,7±7,1
62,5	1,0±0,3	14,1±0,9	30,2±6,8	35,1±7,9	47,5±10,5
31,25	1,7±0,5	15,65±1,2	35,22±7,9	51,3±11,5	69,7±15,6
Kontrol (-)	3,0±0,6	5,5±1,2	43,3±9,7	64,0±14,3	79,1±17,7
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 3. *Trachystemon orientalis* metanol ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	0,6±0,2	2,9 ±0,5	9,4±0,9	18,4±1,5	30,5±2,4
125	1,0±0,3	10,2±0,7	19,3±0,9	25,5±0,9	34,6±1,3
62,5	1,1±0,3	13,9±0,9	29,9±1,9	34,8±2,1	47,2±2,0
31,25	1,7±0,5	15,6±1,2	34,9±1,7	50,9±1,8	69,3±1,4
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

T. orientalis'in nematisit etkinliği ile ilgili önceden yapılmış bir çalışmaya ulaşılammıştır. Boraginaceae familyası bitkilerinde bulunan 1,2-dehydropyrrolizidine alkoloit sayesinde *M. hapla*'ya karşı nematisit etki gösterdiği bildirilmiştir (Thoden ve ark., 2009). *T. orientalis*'in da *M.incognita*'ya karşı nematisit etkinlik gösterdiği belirlenmiştir.

Rhododendron ponticum hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* yumurta açılımına etkisi düşük düzeyde bulunmuştur. Doz artışına bağlı olarak yumurta açılımına etkisi de artış göstermektedir (Tablo 4,5).

Tablo 4. *Rhododendron ponticum* 'un su ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	1,8±0,4	8,3±0,8	18,5±1,2	34,2±1,2	52,5±1,8
125	3,8±0,7	11,9±0,9	20,6±1,3	32,5±1,5	55,1±1,4
62,5	3,2±0,6	12,0±0,7	22,3±1,1	56,6±1,4	57,8±1,8
31,25	2,5±0,4	16,4±0,9	34,7±1,3	41,2±2,1	74,7±1,2
Kontrol (-)	2,9±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 5. *Rhododendron ponticum* 'un metanol ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	3,2±0,6	8,6±0,7	18,5±1,2	29,4±1,2	40,3±1,7
125	4,4±0,6	10,8±0,8	20,3±1,3	35,1±1,3	51,2±1,0
62,5	3,8±0,5	12,4±0,7	22,3±1,1	34,5±1,1	55,4±1,2
31,25	2,9±0,3	16,2±0,7	38,9±1,6	54,4±1,5	74,6±1,2
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,8±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Rhododendron ponticum 'un nematisit etkinliği ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. *R. anthopogonoides* bitkisinin üst aksamlarından elde edilen uçucu yağ *M.incognita* 'ya uygulanmasıyla nematodu baskıladığı belirlenmiştir (Bai ve ark., 2013). Elde ettiğimiz sonuca göre düşük düzeyde de olsa nematisit etkinliği belirlenmiştir.

Heracleum platytaenium hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* yumurta açılımına etkisi düşük düzeyde bulunmuştur. Doz artışına bağlı olarak yumurta açılımına etkisi de artış göstermektedir (Tablo 6,7).

Tablo 6 *Heracleum platytaenium* su ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	1,5±0,3	7,8±0,6	18,0±1,1	28,4±1,3	39,5±1,6
125	1,8±0,4	10,5±1,1	20,7±1,1	34,5±1,4	51,3±2,0
62,5	1,8±0,4	10,3±1,0	23,3±1,1	45,7±1,3	62,6±1,4
31,25	2,8±0,6	13,6±1,1	39,1±1,8	57,6±1,6	74,8±1,5
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 7. *Heracleum platytaenium* metanol ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	1,7±0,3	9,4±0,7	18,1±0,5	31,0±1,0	45,8±1,2
125	2,3 ±0,6	10,4±0,9	31,0±1,3	43,3±1,6	52,5±2,0
62,5	2,5±0,3	9,3±0,6	22,2±1,0	44,3±1,3	61,2±1,4
31,25	2,6±0,5	12,2±0,7	37,8±1,4	56,7±1,6	74,5±1,6
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,3±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Heracleum platytaenium'un su ve metanol ekstraktlarının etkinliği ile ilgili daha önceden yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Göze Özdemir ve ark., 2022 yaptıkları bir çalışmada *H.platytaenium* uçucu yağının *M.incognita*'ya karşı nematisit etkinlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada Apiaceae familyası bireylerinden *Foeniculum vulgare*, *Ferulago angulata* ve *Ferulago angulata* 'un *Meloidogyne javanica*'ya karşı nematisit etkinliğinin olmadığını belirlemişlerdir (Asadi ve ark., 2015). Yapmış olduğumuz deneme sonucunda da benzer bir etki tespit edilmiştir.

Isatis glauca 'ın hem su hem de metanol ekstraktının dozu artış gösterdikçe yumurta açılımını düşürdüğü belirlenmiştir. Aradaki fark istatistiği olarak önemli bulunmuştur. ($p<0,05$) (Tablo 8,9).

Tablo 8 *Isatis glauca* su ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	1,4±0,4	7,9±0,7	18,6±0,7	24,2±0,9	24,2±0,9
125	1,5±0,4	9,9±0,9	19,1±1,0	25,3±1,2	29,2±1,0
62,5	1,4±0,4	8,6±0,5	21,1±1,0	28,3±1,2	33,0±1,2
31,25	1,1±0,3	9,5±0,6	21,3±0,9	29,8±1,4	41,9±1,7
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 9 *İsatis glauca* metanol ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	1,5±0,3	7,0±0,5	11,8±0,5	21,8±0,9	25,2±0,9
125	2,2±0,3	10,2±0,6	21,0±1,1	26,9±1,2	30,0±0,9
62,5	1,6±0,3	13,0±0,8	17,9±0,8	27,5±0,9	30,4±0,8
31,25	1,4±0,3	14,4±0,7	18,2±0,8	26,4±0,9	32,3±0,9
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

İsatis glauca'nın nematisit etkinliği ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Brassicaceae familyası bireyleri etkili biyofümigant olduğu bilinmektedir. *M.incognita*'yı baskılama özelliği bulunmakadır (Lazzeri ve ark., 2009). Bu çalışmamızda da *I. glauca*'nın *M.incognita*'yı hem su hemde metanol ekstrakt ile baskılaya bildiği saptanmıştır.

Medicago sativa hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* yumurta açılımına etkisi düşük düzeyde bulunmuştur. Doz artışına bağlı olarak yumurta açılımına etkisi de artış göstermektedir (Tablo. 10,11).

Tablo 10 *Medicago sativa* su ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,6±0,2	3,1±0,6	3,9±0,7	3,9±0,7	3,9±0,7
250	1,6±0,4	7,7±0,7	18,4±0,9	28,1±0,9	37,3±1,4
125	1,5±0,5	8,0±0,7	21,7±1,1	35,6±1,2	49,0±1,8
62,5	1,5±0,4	8,4±0,7	20,3±0,8	33,4±1,5	54,5±2,4
31,25	2,9±0,6	11,6±0,7	28,6±1,0	48,7±1,1	68,0±1,2
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 11 *Medicago sativa* metanol ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	1,8±0,4	9,5±0,6	18,0±1,2	34,9±1,5	53,1±1,8
125	1,5±0,5	12,0±0,9	20,7±1,3	34,4±1,5	55,6±1,4
62,5	1,5±0,4	12,0±0,8	22,3±1,1	34,8±1,3	56,8±1,4
31,25	2,9±0,6	16,5±0,9	41,3±2,0	58,1±1,8	75,0±1,4
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

M. sativa ile yapılan bir çalışmada düşük düzeydeki konsantrasyonun *M.incognita*'yı düşük düzeyde etkilediği konsantrasyonun artışı ile nematod ölümünde arttığı belirlenmiştir (D'addabbo ve ark., 2011). Yaptığımız çalışma ile benzer etki tespit edilmiştir.

Luquidambar orientalis hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* yumurta açılımına etkili bulunmuştur. Doz artışına bağlı olarak yumurta açılımına etkisi de artış göstermektedir (Tablo 12,13).

Tablo 12 *Luquidambar orientalis* su ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	0,8±0,2	3,8±0,4	11,1±0,6	20,9±0,7	32,5±0,8
125	0,9±0,2	7,9±0,5	18,9±0,6	29,5±0,9	45,5±1,2
62,5	1,3±0,2	7,3±0,3	19,2±0,4	33,5±0,5	46,6±0,7
31,25	1,1±0,2	7,5±0,3	19,9±0,5	38,1±0,6	55,9±0,8
Kontrol (-)	3,0±0,3	15,5±0,5	43,3±0,8	64,0±0,7	79,1±0,7
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 13 *Luquidambar orientalis* metanol ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	1,8±0,2	8,0±0,3	18,6±0,5	29,3±0,61	39,5±0,8
125	2,3±0,3	9,8±0,7	21,8±0,8	29,5±0,78	45,5±1,2
62,5	2,9±0,2	9,6±0,3	24,6±0,8	36,2±0,65	46,6±0,7
31,25	2,9±0,2	10,1±0,4	24,1±0,8	41,6±0,61	55,9±0,8
Kontrol (-)	3,0±0,3	15,5±0,5	43,3±0,8	64,0±0,7	79,1±0,7
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Luquidambar orientalis 'nun nematisit etkinliği ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Myrtus communis'un hem su hem de metanol ekstraktının dozu artış gösterdikçe yumurta açılımı düşürdüğü belirlenmiştir. Aradaki fark istatistiği olarak önemli bulunmuştur. ($p<0,05$) (Tablo 14,15).

Tablo 14 *Myrtus communis* su ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	0,8±0,3	4,4±0,4	12,6±0,8	20,3±0,8	22,5±0,9
125	1,1±0,3	6,3±0,6	16,3±1,0	27,3±1,5	37,7±2,3
62,5	1,7±0,5	6,5±0,8	18,7±1,0	32,5±1,5	50,4±1,5
31,25	2,1±0,5	8,8±0,5	24,4±1,0	38,1±1,4	51,2±1,7
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 15 *Myrtus communis* metanol ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	1,4±0,4	3,8±0,3	11,3±0,6	19,8±0,9	22,6±0,9
125	1,3±0,3	6,5±0,5	15,9±1,0	25,6±1,2	33,2±1,2
62,5	1,7±0,3	7,7±0,7	20,9±0,9	31,9±1,0	44,7±1,3
31,25	2,5±0,4	8,2±0,6	26,3±1,1	37,2±0,9	49,2±1,3
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Myrtus communis'un *M.javanica*'ya karşı etkili olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Oka ve ark., 2012). Deneme sonucuna göre *M. incognita*'ya karşıda nematisit etkinliğinin yüksek düzeyde olduğunu tespit edilmiştir.

Vitex agnus-castus hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* yumurta açılımına etkisi düşük düzeyde bulunmuştur. Doz artışına bağlı olarak yumurta açılımına etkisi de artış göstermektedir (Tablo 16,17).

Tablo 16 *Vitex agnus-castus* su ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	1,1±0,3	8,0±0,4	18,5±0,7	30,4±1,0	47,1±1,0
125	1,0±0,3	10,8±0,8	24,1±1,0	38,4±1,5	57,4±1,8
62,5	1,0±0,3	8,1±0,5	22,9±1,0	36,9±1,6	58,6±2,0
31,25	1,4±0,4	8,0±1,0	24,0±1,7	39,5±1,8	63,8±2,7
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 17 *Vitex agnus-castus* metanol ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	1,9±0,3	11,1±0,8	21,2±1,0	31,8±0,9	42,5±0,9
125	1,7±0,4	12,4±0,8	25,5±1,1	35,9±0,8	56,3±1,7
62,5	1,0±0,3	11,1±0,9	24,7±1,2	39,5±1,5	60,0±1,4
31,25	1,9±0,4	10,5±0,9	25,7±1,4	41,8±1,6	66,0±2,6
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Vitex agnus-castus 'un *M.incognita* ' ya karşı düşük düzeyde nematisit etkinlik tespit etmişlerdir (Ntalli ve ark., 2010). Yapılan bu çalışma ile elde edilen sonuç da yapılan önceki çalışmayı desteklemektedir.

Aesculus hippocastanum hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* yumurta açılımına etkisi düşük düzeyde bulunmuştur. Doz artışına bağlı olarak yumurta açılımına etkisi de artış göstermektedir (Tablo 18,19).

Tablo 18. *Aesculus hippocastanum* su ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,8±0,2	1,9±0,5	3,5±0,7	3,5±0,7	3,5±0,7
250	1,2±0,3	7,7±0,5	21,1±0,9	35,6±1,3	53,0±1,9
125	1,6±0,4	11,0±0,8	27,5±0,9	40,0±1,4	57,7±1,6
62,5	1,5±0,4	11,8±0,6	29,0±1,2	42,9±1,5	59,3±1,5
31,25	1,8±0,4	14,6±0,9	35,2±1,5	49,9±1,7	65,5±1,7
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 19. *Aesculus hippocastanum* metanol ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	1,2±0,3	9,8±0,8	19,4±1,2	32,6±1,2	51,8±1,7
125	3,7±0,6	13,3±1,1	20,6±1,3	35,7±1,0	53,9±0,8
62,5	3,5±0,6	12,5±0,6	24,0±1,1	35,5±1,2	55,3±1,3
31,25	2,2±0,4	17,6±0,6	38,3±1,2	56,4±1,6	71,0±1,4
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Aesculus hippocastanum'un nematisit etkinliği ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Salix babylonica hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* yumurta açılımına etkisi düşük düzeyde bulunmuştur. Doz artışına bağlı olarak yumurta açılımına etkisi de artış göstermektedir (Tablo 20,21).

Tablo 20 *Salix babylonica* su ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,8±0,3	1,7±0,4	3,0±0,7	3,0±0,7	3,0±0,7
250	1,2±0,4	6,6±0,5	19,0±0,7	33,0±1,2	46,6±1,0
125	1,5±0,4	6,4±0,7	20,9±1,0	33,6±1,0	49,2±1,6
62,5	1,2±0,3	7,6±0,6	22,6±1,1	32,7±0,9	52,8±1,1
31,25	0,9±0,2	9,9±0,7	24,6±1,1	39,2±1,1	64,4±1,6
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 21 *Salix babylonica* metanol ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	1,8±0,4	6,6±0,5	20,1±0,9	31,8±1,1	43,6±1,2
125	2,1±0,4	6,8±0,8	21,7±1,0	32,7±0,8	45,7±1,6
62,5	1,4±0,3	8,9±0,8	23,9±1,1	34,1±1,2	53,0±1,1
31,25	1,2±0,3	10,6±0,8	25,0±1,1	38,6±1,1	60,6±1,5
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Salix babylonica'un nematisit etkinliği ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Pyracantha coccinea hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* yumurta açılımına etkisi düşük düzeyde bulunmuştur. Doz artışına bağlı olarak yumurta açılımına etkisi de artış göstermektedir (Tablo 22,23)

Tablo 22 *Pyracantha coccinea* su ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	1,1±0,3	3,5±0,5	4,9±0,8	4,9±0,8	4,9±0,8
250	1,7±0,3	4,8±0,5	15,2±0,8	22,5±1,2	31,4±1,8
125	1,2±0,3	7,0±0,9	17,7±1,1	29,0±1,1	48,0±1,3
62,5	1,5±0,3	9,1±0,7	23,1±0,9	36,9±0,9	49,3±1,5
31,25	3,5±0,6	15,5±0,9	35,7±1,0	46,0±1,1	58,7±1,9
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 23 *Pyracantha coccinea* metanol ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	2,0±0,3	5,8±0,7	15,3±0,8	23,5±1,0	32,7±1,3
125	2,0±0,5	9,4±0,9	17,7±1,1	29,5±1,1	48,1±1,3
62,5	2,5±0,6	9,5±0,8	23,5±1,1	36,9±0,9	48,8±1,3
31,25	3,9±0,6	18,3±1,3	35,7±1,0	46,0±1,1	57,1±1,5
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Pyracantha coccinea'un nematisit etkinliği ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Taraxacum officinale hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* yumurta açılımına etkili bulunmuştur. Doz artışına bağlı olarak yumurta açılımına etkisi de artış göstermektedir (Tablo 24,25).

Tablo 24 *Taraxacum officinale* su ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	0,9±0,3	4,3±0,4	8,7±0,6	18,1±0,8	29,7±1,1
125	2,0±0,4	7,6±0,6	16,5±0,7	24,5±1,0	33,4±1,1
62,5	0,7±0,3	4,3±0,5	15,6±1,0	25,3±1,4	36,4±1,5
31,25	1,5±0,4	7,2±0,6	22,0±1,0	35,6±1,1	48,8±1,7
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 25 *Taraxacum officinale* metanol ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	0,9±0,3	4,3±0,4	10,7±0,6	19,0±0,8	31,2±1,0
125	1,2±0,4	7,5±0,6	16,9±0,7	25,1±1,1	33,8±1,2
62,5	0,7±0,3	3,9±0,5	15,6±1,0	26,3±1,5	38,3±1,5
31,25	0,9±0,2	7,4±0,6	22,1±1,1	35,9±1,1	51,6±1,8
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Aydınlı ve Mennan (2014)'ın yapmış oldukları çalışmada *T. officinale*' sıcak ve soğuksu ekstraktlarının nematod popülasyonunu düşürdüğü özellikle bitkinin kök, yaş ve kuru ağırlığını ağırladığını belirlemiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada da etkili nematisit özelliği belirlenmiştir.

Polygonum cognatum hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* yumurta açılımına etkisi düşük düzeyde bulunmuştur. Doz artışına bağlı olarak yumurta açılımına etkisi de artış göstermektedir (Tablo 26,27).

Tablo 26 *Polygonum cognatum* su ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,5±0,2	2,1±0,5	7,1±1,0	7,6±1,0	8,1±1,1
250	1,2±0,3	8,0±0,6	20,6±0,9	38,2±1,1	54,6±1,7
125	2,0±0,5	8,4±0,6	21,2±1,2	37,6±1,0	59,7±1,4
62,5	1,7±0,5	8,8±0,7	27,8±0,8	43,2±1,6	58,5±1,9
31,25	1,5±0,4	11,6±1,0	31,0±1,2	43,5±1,6	68,2±1,8
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 27 *Polygonum cognatum* metanol ekstraktının yumurta açılımına % etkisi

Doz (ppm)	3 saat	9 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
500	0,5±0,2	2,1±0,5	7,1±1,0	7,6±1,0	8,1±1,1
250	1,2±0,3	8,0±0,6	20,6±0,9	38,2±1,1	54,6±1,7
125	2,0±0,5	8,4±0,6	21,2±1,2	37,6±1,0	59,7±1,4
62,5	1,7±0,5	8,8±0,7	27,8±0,8	43,2±1,6	58,5±1,9
31,25	1,5±0,4	11,6±1,0	31,0±1,2	43,5±1,6	68,2±1,8
Kontrol (-)	3,0±0,6	15,5±1,2	43,3±1,8	64,0±1,7	79,1±1,6
Kontrol (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Polygonum cognatum'un nematisit etkinliği ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bitki Ekstraktlarının *Meloidogyne incognita* 2. Dönem Larvalarına Etkileri

Bitki ekstraktlarının *Meloidogyne incognita* 2. dönem larvalarına etkilerine baktığımızda 1000 ppm dozunda hem su hemde metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larvaların % 100'nun ölümüne neden olduğu belirlenmiştir. Bitki ekstraktlarının hepsinin nematisit etki gösterdiği ancak bu etkinin doz arttıkça ve uygulama süresinin artışına bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir.

T. orientalis hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larva ölümüne etkili bulunmuştur. Doz artışına ve zamana bağlı olarak 2.dönem larvaların ölümüne etkisinde de artış göstermektedir (Tablo 28).

Tablo 28 *Trachystemon orientalis* su ve metanol ekstraktının larva ölümüne % etkisi

Doz (ppm)	Su Ekstraktı			Metanol Ekstraktı		
	24 saat	48 saat	96 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
500	94,8±1,2	100,0	100,0	92,7±1,1	100,0	100,0
250	49,8±1,2	62,3±1,2	73,7±1,1	47,5±1,0	63,3±1,3	74,3±1,0
125	34,4±1,3	48,3±1,3	62,2±1,2	34,4±1,3	48,3±1,3	62,2±1,2
62,5	23,1±1,3	32,4±1,6	42,5±2,0	23,1±1,3	32,4±1,6	42,5±2,0
31,25	7,3±1,1	15,9±1,1	20,7±1,3	7,3±1,1	15,9±1,1	20,7±1,3
Kontrol (-)	0,0	1,1±0,5	2,3±1,5	0,0	1,1±0,5	2,9±1,5
Kontrol (+)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Rhododendron ponticum hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larva ölümüne etkili bulunmuştur. Doz artışına ve zamana bağlı olarak 2.dönem larvaların ölümüne etkisinde de artış göstermektedir (Tablo 29).

Tablo 29 *Rhododendron ponticum* su ve metanol ekstraktının larva ölümüne % etkisi

Doz (ppm)	Su Ekstraktı			Metanol Ekstraktı		
	24 saat	48 saat	96 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
500	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
250	60,4±1,6	70,4±1,3	82,0±1,2	62,1±0,9	72,7±0,8	81,8±0,9
125	37,9±1,4	51,8±1,4	63,8±1,1	41,7±1,7	49,6±1,4	62,9±1,2
62,5	23,4±1,2	34,3±1,4	45,9±1,6	23,3±1,1	33,6±1,4	43,4±1,6
31,25	6,4±1,3	17,8±1,2	25,7±0,9	7,3±1,1	15,9±1,1	21,1±1,4
Kontrol(-)	0,0	1,1±0,5	2,3±1,5	0,0	1,1±0,5	2,9±1,5
Kontrol(+)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Heracleum platytaenium hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larva ölümüne etkili bulunmuştur. Doz artışına ve zamana bağlı olarak 2.dönem larvaların ölümüne etkisinde de artış göstermektedir (Tablo 30).

Tablo 30 *Heracleum platytaenium* su ve metanol ekstraktının larva ölümüne % etkisi

Doz (ppm)	Su Ekstraktı			Metanol Ekstraktı		
	24 saat	48 saat	96 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
500	76,5±1,4	88,0±1,1	93,5±1,0	83,4±1,1	90,7±0,9	95,6±0,7
250	42,7±1,4	52,3±1,5	62,5±1,1	33,3±1,3	52,2±1,1	72,0±0,9
125	40,7±1,8	49,4±1,4	60,4 ±1,4	31,3±1,1	51,6±1,1	68,0±1,0
62,5	23,5±1,3	32,5±1,4	40,5±1,4	25,4±1,1	36,5±1,3	48,0±1,3
31,25	6,0±0,9	16,9±1,3	26,6±1,1	5,6±0,8	18,8±1,0	25,9±1,0
Kontrol (-)	0,0	1,1±0,5	2,3±1,5	0,0	1,1±0,5	2,9±1,5
Kontrol (+)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Isatis glauca hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larva ölümüne yüksek etkili bulunmuştur. Doz artışına ve zamana bağlı olarak 2.dönem larvaların ölümüne etkisinde de artış göstermektedir (Tablo 31).

Tablo 31 *Isatis glauca* su ve metanol ekstraktının larva ölümüne % etkisi

Doz (ppm)	Su Ekstraktı			Metanol Ekstraktı		
	24 saat	48 saat	96 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
500	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
250	79,7±1,2	88,4±0,7	92,6±0,6	76,2±0,9	81,8±0,7	92,3±0,7
125	77,94±0,8	83,6±0,7	89,0±0,9	74,8±1,2	81,0±0,9	90,2±0,8
62,5	71,7±1,0	82,8±1,0	88,8±0,7	67,2±1,2	72,2±1,2	90,6±0,6
31,25	68,2±1,2	83,1±0,7	88,9±0,7	68,8±1,5	78,0±0,7	83,7±0,8
Kontrol (-)	0,0	1,1±0,5	2,3±1,5	0,0	1,1±0,5	2,9±1,5
Kontrol (+)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Medicago sativa hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larva ölümüne yüksek etkili bulunmuştur. Doz artışına ve zamana bağlı olarak 2.dönem larvaların ölümüne etkisinde de artış göstermektedir (Tablo 32).

Tablo 32. *Medicago sativa* su ve metanol ekstraktının larva ölümüne % etkisi

Doz (ppm)	Su Ekstraktı			Metanol Ekstraktı		
	24 saat	48 saat	96 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
500	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
250	65,9±1,2	78,1±1,1	88,2±0,7	68,1±1,1	79,6±1,0	89,2±0,8
125	48,5±2,1	65,4±1,5	80,5±1,0	66,9±1,1	78,8±0,7	83,3±0,5
62,5	36,6±1,5	53,7±1,4	76,3±1,3	54,8±1,5	63,7±1,1	69,9±1,1
31,25	26,1±1,7	42,9±1,7	58,7±1,5	44,9±1,2	53,8±1,4	60,8±1,5
Kontrol (-)	0,0	1,1±0,5	2,3±1,5	0,0	1,1±0,5	2,9±1,5
Kontrol (+)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Luquidambar orientalis hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larva ölümüne yüksek etkili bulunmuştur. Doz artışına ve zamana bağlı olarak 2.dönem larvaların ölümüne etkisinde de artış göstermektedir (Tablo 33).

Tablo 33. *Luquidambar orientalis* su ve metanol ekstraktının larva ölümüne % etkisi

Doz (ppm)	Su Ekstraktı			Metanol Ekstraktı		
	24 saat	48 saat	96 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
500	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
250	61,6±1,0	73,2±0,6	79,4±0,6	69,4±0,7	78,0±0,5	85,4±0,5
125	51,2±1,4	64,3±1,2	74,4±1,1	66,5±0,9	78,6±0,6	83,9±0,6
62,5	45,0±1,1	58,2±0,7	70,3±0,4	55,2±0,6	65,0±0,6	72,2±0,4
31,25	33,1±1,1	45,4±0,8	59,6±0,8	44,8±0,7	52,5±0,7	58,4±0,8
Kontrol (-)	0,0	1,1±0,5	2,3±1,5	0,0	1,1±0,5	2,9±1,5
Kontrol (+)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Myrtus communis hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larva ölümüne yüksek etkili bulunmuştur. Doz artışına ve zamana bağlı olarak 2.dönem larvaların ölümüne etkisinde de artış göstermektedir (Tablo 34).

Tablo 34 *Myrtus communis* su ve metanol ekstraktının larva ölümüne % etkisi

Doz (ppm)	Su Ekstraktı			Metanol Ekstraktı		
	24 saat	48 saat	96 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
500	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
250	79,9±1,1	89,1±0,6	92,9±0,5	80,8±1,3	87,0±0,7	92,9±0,7
125	78,5±0,7	84,2±0,6	89,3±0,9	77,9±0,7	83,9±0,5	89,8±0,9
62,5	72,9±0,9	82,7±1,2	88,5±0,9	73,4±0,8	83,1±0,7	89,2±0,7
31,25	69,8±1,1	83,7±0,8	88,9±0,6	67,1±1,3	80,0±1,6	86,1±1,5
Kontrol (-)	0,0	1,1±0,5	2,3±1,5	0,0	1,1±0,5	2,9±1,5
Kontrol (+)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Vitex agnus-castus hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larva ölümüne etkili bulunmuştur. Doz artışına ve zamana bağlı olarak 2.dönem larvaların ölümüne etkisinde de artış göstermektedir (Tablo 35).

Tablo 35 *Vitex agnus-castus* su ve metanol ekstraktının larva ölümüne % etkisi

Doz (ppm)	Su Ekstraktı			Metanol Ekstraktı		
	24 saat	48 saat	96 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
500	94,4±1,0	99,3±0,3	100,0	95,4±0,9	98,9±0,3	100,0
250	47,7±1,5	62,1±1,1	72,4±0,9	49,1±1,2	62,0±1,3	73,5±1,2
125	35,2±1,1	49,7±1,1	61,5±1,3	32,5±1,3	51,7±1,1	61,8±1,1
62,5	20,4±1,3	30,8±1,4	39,6±2,1	30,8±1,6	36,6±2,0	44,4±2,0
31,25	7,7±1,0	15,9±1,2	20,7±1,3	8,0±1,1	17,3±0,7	21,1±1,3
Kontrol (-)	0,0	1,1±0,5	2,3±1,5	0,0	1,1±0,5	2,9±1,5
Kontrol (+)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Aesculus hippocastanum hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larva ölümüne etkisi düşük bulunmuştur. Doz artışına ve zamana bağlı olarak 2.dönem larvaların ölümüne etkisinde de artış göstermektedir (Tablo 36).

Tablo 36 *Aesculus hippocastanum* su ve metanol ekstraktının larva ölümüne % etkisi

Doz (ppm)	Su Ekstraktı			Metanol Ekstraktı		
	24 saat	48 saat	96 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
500	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
250	66,8±1,1	72,3±0,9	78,2±1,0	48,6±1,1	61,6±1,2	61,8±1,2
125	53,6±1,5	63,9±0,7	70,2±0,9	31,4±1,3	51,6±1,2	45,4±2,0
62,5	43,0±1,6	52,0±1,3	62,5±1,4	29,8±1,0	39,4±1,8	40,8±0,9
31,25	20,9±1,7	33,0±1,3	44,9±1,3	10,2±1,1	10,9±1,2	17,3±0,7
Kontrol (-)	0,0	1,1±0,5	2,3±1,5	0,0	1,1±0,5	2,9±1,5
Kontrol(+)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Salix babylonica hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larva ölümüne etkili bulunmuştur. Doz artışına ve zamana bağlı olarak 2.dönem larvaların ölümüne etkisinde de artış göstermektedir (Tablo 37).

Tablo 37 *Salix babylonica* su ve metanol ekstraktının larva ölümüne % etkisi

Doz (ppm)	Su Ekstraktı			Metanol Ekstraktı		
	24 saat	48 saat	96 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
500	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
250	57,6±1,7	68,1±1,4	77,7±1,5	60,4±1,6	70,4±1,3	82,0±1,2
125	39,4±1,4	52,1±1,5	63,8±1,1	37,9±1,4	51,8±1,4	63,8±1,1
62,5	24,0±0,9	34,3±1,3	45,9±1,6	23,4±1,2	34,3±1,4	45,9±1,6
31,25	8,7±1,4	17,8±1,2	25,7±0,9	6,4±1,3	17,8±1,2	25,7±0,9
Kontrol (-)	0,0	1,1±0,5	2,3±1,5	0,0	1,1±0,5	2,9±1,5
Kontrol (+)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Pyraecantha coccinea hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larva ölümüne etkili bulunmuştur. Doz artışına ve zamana bağlı olarak 2.dönem larvaların ölümüne etkisinde de artış göstermektedir (Tablo 38).

Tablo 38 *Pyraecantha coccinea* su ve metanol ekstraktının larva ölümüne % etkisi

Doz (ppm)	Su Ekstraktı			Metanol Ekstraktı		
	24 saat	48 saat	96 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
500	76,5±1,3	88,0±1,1	92,5±1,1	84,0±1,1	91,1±0,8	95,6±0,7
250	42,5±1,4	52,3±1,5	62,5±1,1	34,6±1,5	52,7±1,4	72,0±0,9
125	41,3±1,9	49,8±1,5	60,4±1,4	33,0±1,3	52,2±1,1	68,2±0,9
62,5	23,5±1,3	32,5±1,4	40,5±1,4	25,4±1,1	36,5±1,3	48,0±1,3
31,25	6,6±1,0	16,9±1,3	26,6±1,1	5,9±0,8	19,0±1,0	25,9±1,0
Kontrol (-)	0,0	1,1±0,5	2,3±1,5	0,0	1,1±0,5	2,9±1,5
Kontrol (+)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Taraxacum officinale hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larva ölümüne etkisi yüksek bulunmuştur. Doz artışına ve zamana bağlı olarak 2.dönem larvaların ölümüne etkisinde de artış göstermektedir. (Tablo 39).

Tablo 39. *Taraxacum officinale* su ve metanol ekstraktının larva ölümüne % etkisi

Doz (ppm)	Su Ekstraktı			Metanol Ekstraktı		
	24 saat	48 saat	96 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
500	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
250	79,9±1,1	89,2±0,6	89,3±0,9	69,4±1,1	78,0±0,8	85,4±0,8
125	78,5±0,7	84,2±0,6	92,9±0,5	66,5±1,1	78,6±0,8	83,9±0,7
62,5	72,9±0,9	82,7±1,2	88,5±0,9	55,2±1,3	65,0±1,2	72,2±0,9
31,25	69,8±1,1	83,7±0,8	88,9±0,7	44,8±1,2	52,5±1,2	58,4±1,3
Kontrol (-)	0,0	1,1±0,5	2,3±1,5	0,0	1,1±0,5	2,9±1,5
Kontrol(+)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Polygonum cognatum hem su hem de metanol ekstraktının *M.incognita* 2. dönem larva ölümüne etkili bulunmuştur. Doz artışına ve zamana bağlı olarak 2.dönem larvaların ölümüne etkisinde de artış göstermektedir (Tablo 40).

Tablo 40. *Polygonum cognatum* su ve metanol ekstraktının larva ölümüne % etkisi

Doz (ppm)	Su Ekstraktı			Metanol Ekstraktı		
	24 saat	48 saat	96 saat	24 saat	48 saat	96 saat
1000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
500	83,4±1,1	90,7±0,9	95,6±0,7	100,0	100,0	100,0
250	33,3±1,3	52,2±1,1	72,0±0,9	48,6±1,1	61,8±1,2	70,9±1,2
125	31,3±1,1	51,6±1,1	68,0±1,0	31,4±1,3	51,6±1,2	60,8±0,9
62,5	25,4±1,1	36,5±1,3	48,0±1,3	29,8±1,0	39,4±1,8	45,4±2,0
31,25	5,6±0,8	18,8±1,0	25,9±1,0	10,2±1,1	17,3±0,7	21,6±1,2
Kontrol(-)	0,0	1,1±0,5	2,3±1,5	0,0	1,1±0,5	2,9±1,5
Kontrol(+)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Bitki Ekstraktlarının in vitro Koşullarda Antifungal Etkinliği

Yürütülen antifungal çalışma sonuçlarına göre, bitki türlerine ait farklı kısımlarından elde edilen metanol ekstraktlarının *A. solani* bitki patojeni fungusun miselyum gelişimi üzerine istatistiki olarak önemli derecede etkiler gözlenmiştir ($P<0,005$). *Aesculus hippocastanum* L., *Trachystemon orientalis* L. *Luquidambar orientalis* L. ve *Myrtus communis* L. bitkilerinden elde edilen ekstraktlar hastalığın miselyum gelişimini 5mg/ml dozda %100 engellemiştir. Yine benzer şekilde 2,5 mg/ml dozlarında da %100 engellemeler görülmektedir.

Bütün bitki ekstraktlarında doz atımına bağlı olarak, antifungal etki oranlarında artış göstermiştir (Tablo 41).

Tablo 41 Çalışmada kullanılan bitki ekstraktlarının *A.solani* üzerine antifungal aktivite değerleri (MG ve MGI)

Bitkinin Latince Adı	Doz mg/ml	Miselyum gelişimi (mm)	Miselyum Gelişim Engellemesi (%)
<i>İsatis glauca</i>	Negatif	60,0a±0,0	0
	Pozitif	0,0c±0,0	100
	1	50,3b±0,9	16
	2,5	41,4c±0,6	31
	5	35,7d±1,3	41
<i>Pyracantha coccinea</i>	Negatif	60,0a±0,0	0
	Pozitif	0,0c±0,0	100
	1	40,8b±1,4	32
	2,5	24,6c±1,2	59
	5	16,4d±0,5	73
<i>Heracleum platytaenium</i>	Negatif	60,0a±0,0	0
	Pozitif	0,0c±0,0	100
	1	25,6b±0,8	57
	2,5	18,9c±0,7	68
	5	10,8d±0,3	82
<i>Medicago sativa</i>	Negatif	60,0a±0,0	0
	Pozitif	0,0c±0,0	100
	1	28,2b±0,6	53
	2,5	19,1c±1,1	68
	5	12,8d±1,2	79
<i>Rhododendron ponticum</i>	Negatif	60,0a±0,0	0
	Pozitif	0,0c±0,0	100
	1	48,9b±1,7	18
	2,5	39,1c±0,7	35
	5	34,1d±0,5	43
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Negatif	60,0a±0,0	0
	Pozitif	0,0c±0,0	100
	1	13,2b±0,5	78
	2,5	0,0c±0,0	100
	5	0,0c±0,0	100
<i>Trachystemon orientalis</i>	Negatif	60,0a±0,0	0
	Pozitif	0,0c±0,0	100
	1	12,8b±1,3	79
	2,5	0,0c±0,0	100
	5	0,0c±0,0	100
<i>Luquidambar orientalis</i>	Negatif	60,0a±0,0	0
	Pozitif	0,0d±0,0	100

	1	20,3b±0,5	66
	2,5	12,9c±0,4	78
	5	0,0d±0,0	100
<i>Myrtus communis</i>	Negatif	60,0a±0,0	0
	Pozitif	0,0d±0,0	100
	1	21,7b±0,4	64
	2,5	13,5c±0,5	78
	5	0,0d±0,0	100
<i>Salix babylonica</i>	Negatif	60,0a±0,0	0
	Pozitif	0,0e±0,0	100
	1	37,0b±0,8	38
	2,5	25,8c±0,8	57
	5	13,7d±0,9	77
<i>Polygonum cognatum</i>	Negatif	60,0a±0,0	0
	Pozitif	0,0e±0,0	100
	1	44,6b±0,9	26
	2,5	31,2c±0,5	48
	5	24,0d±1,4	60
<i>Vitex agnus-castus</i>	Negatif	60,0a±0,0	0
	Pozitif	0,0d±0,0	100
	1	21,3b±0,6	65
	2,5	13,3c±0,5	78
	5	0,0d±0,0	100
<i>Taraxacum officinale</i>	Negatif	60,0a±0,0	0
	Pozitif	0,0e±0,0	100
	1	36,9b±1,2	38
	2,5	23,3c±1,8	61
	5	14,7d±1,2	75

Yürütülen benzer çalışmalarda da pek çok bitki ekstraktının antifungal etkinlikleri belirlenmiştir. Özcan ve Boyraz (2000) yaptıkları çalışmada bazı bitki ekstraktlarının bitki patojeni bazı funguslara karşı etkinliklerini belirlemişlerdir. Bu çalışmada, Adaçayının antifungal etkinliğinin yabani kekik türüne göre daha az olduğunu belirlemişlerdir. Çakır ve ark., (2005) *Hypericum linarioides*'in antifungal etkinliğini belirledikleri çalışmada 11 önemli patojene karşı denemişler ve *H. linarioides* yağının *Verticillium albo-atrum* ve *Rhizoctonia solani*'ye karşı antifungal etki gösterdiği ayrıca *H. linarioides*'nın eter, kloroform, aseton ve metanol ekstraktlarının ise *A. solani*, *F. culmorum*, *F. equiseti* ve *R. solani* ye karşı orta düzeyde antifungal etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Ravikumar ve Garampalli (2013) *Alternaria solani*'ye karşı 39 bitki ekstraktının %4 'lük konsantrasyonunun PDA'da misel gelişimi üzerine

etkisini inceledikleri çalışmada, *Crotalaria trichotoma* (36,6%), *Citrus aurantifolia* (27,3%), *Azadirachta indica* (23,7%), *Polyalthia longifolia* (23,3%), *Datura metel* (21,3%), *Muntingia calabura* (20,09%) ve *Oxalis latifolia* (20,09%)'nın antifungal etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Yine *Salvia officinalis*, *S. tomentosa* ve *S. cryptantha* uçucu yağ ve ekstraktlarının *A. solani* miselyum gelişimini değişen oranlarda kontrole kıyasla engellediği rapor edilmiştir (Yılar, 2014).

SONUÇ

Dünyada ve ülkemizde birim alandan alınan ürün miktarında artış görünmesine rağmen hastalık, zararlı ve yabancı otlardan dolayı her sene önemli ürün kayıpları meydana gelmektedir. Ürün veriminin ortalama %35'i hasat öncesinde zararlılardan dolayı kaybedilmektedir (Popp, ve ark., 2013). En yüksek verim kaybına yabancı otların (%34) neden olduğu bunu sırasıyla; zararlılar (%18) ve patojenlerin (%16) izlediği bildirilmiştir (Oerke, 2006). Bitkisel üretimde birim alandan alınan verimi artırmaya yönelik çalışmaların en başında gelen, hastalık ve zararlılara karşı yapılan mücadeledir. Diğer mücadele yöntemlerinin yanında hastalık ve zararlılara karşı yapılan mücadelelerde kimyasal mücadele önemli bir yer tutmaktadır. Ancak kullanılan pestisitlerin doğal yaşama ve insanlara olan olumsuz etkileri her geçen gün artmaktadır. Bu etkiler, nesilden nesillere geçerek genetik farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Pestisit kullanımını azaltacak yeni mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Bitkilerden elde edilen ekstraktların biyolojik aktivite çalışmaları bu yöntemler arasında yer almaktadır. Yapılan birçok araştırmada bitkilerden elde edilen ekstraktların insektisit, fungusit, nematisit, bakterisit ve herbisit aktiviteye sahip oldukları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ümit vadetmekte ve neem ve sarımsak ekstraktı gibi bitkisel kökenli pestisitler piyasada üreticiye sunulmaktadır. Bunun yanında bu etkinliğe sahip yeni ürünlerinde araştırılıp etkinliklerinin belirlenmesi önemlidir.

Yapılan bu çalışma ile ülkemizde yaygın olarak bulunan 13 bitkinin farklı kısımlarından elde edilen ekstraktların hem fungusit hem de nematisit etkinliği belirlenmiştir. *Aesculus hippocastanum*, *Trachystemon orientalis*, *Luquidambar orientalis* ve *Myrtus communis* bitkilerinden elde edilen metanol ekstraktlarının *Alternaria solani*'nin miselyum gelişimini önemli düzeyde

engellediği, ayrıca *Isatis glauca*, *Myrtus communis* ve *Taraxacum officinale* ‘nin hem su ekstraktlarının hem de metanol ekstraktlarının Kök ur nematodlarından *Meloidogyne incognita*’nın hem yumurta açılımına hem de 2.dönem larvalarının ölümünde etkili olduğu belirlenmiştir.

Myrtus communis bitkisinin hem *M.incognita* hem de *A.solani* için etkili bulunması bundan sonra yapılacak çalışmalara ışık tutması bakımından önemlidir.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (PYO-ZRT.4001.15.003’nolu proje) tarafından desteklenmiştir. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine finansal desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Adegbite, A.A. Adesiyun, S.O. 2005. "Root extracts of plants to control root-knot nematode on edible soybean." *World Journal of Agricultural Sciences* 1(1):18-21
- Agrios, G. N., 1988. *Plant pathology*, Academic Press Limited 24-28 oval, London NW1, 7DX, 803 pp.
- Agrios, G. N., 1997. *Plant Pathology*. Academic press, San Diego.
- Anonim, 2023. <http://www.tuik.gov.tr>, (Erişim Tarihi:15.06.2023)
- Asadi Sardari, A., Hojat Jalali, A. A., Bahraminejad, S., Safaee, D.2015. Effect of plant extracts on the mortality of root-knot nematodes' J2, *Meloidogyne javanica*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 48(4), 365-375.
- Aydınlı, G., Mennan, S. 2009. "Bazı bitki ekstraktlarının Lahana kist nematodu (*Heterodera cruciferae* Franklin) ve lahana bitkilerinin gelişimine olan etkileri." *Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri*, 15-18 Temmuz, Van, s. 50.
- Aydınlı, G., Mennan, S. 2014. Effect of some plant extracts on *Meloidogyne arenaria* Neal, 1889 (Tylenchida: Meloidogynidae) and tomato. *Turkish Journal of Entomology*, 38(3).
- Bai, P. H., Bai, C. Q., Liu, Q. Z., Du, S. S., Liu, Z. L. 2013. Nematicidal activity of the essential oil of *Rhododendron anthopogonoides* aerial parts and its constituent compounds against *Meloidogyne incognita*. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 68(7-8), 307-312.
- Bello, L.Y., Chindo, P.S. Marley, P.S., Alegbejo, M.D. 2008. "Effects of some plant extracts on larval hatch of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*." *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 39 (4): 253-257.
- Byrd, D.W., Kirkpatrick, T., Barker, K.R. 1983. "An improved technique for clearing and staining plant tissues for detection of nematodes." *Journal of Nematology* Vol. 15, pp.142-143.
- Çakır A., Kordali S., Kılıc H.,Kaya E. 2005. "Antifungal properties of essential oil and crude extracts of *Hypericum linarioides* Bosse". *Biochemical Systematics and Ecology* 33: 245-256
- Cayrol, J.C., Djan, C., Pijarowski, L., 1989. "Study of the nematocidal properties of the culture filtrate of the nematophagous fungus *Paecilomyces lilacinus*." *Revue Nematol.* 12(4):331-336.
- Cayuela, M.L., Millner, P.D., Meyer S.L.F., Roig, A.2008. "Potential of olive mill waste and compost as biobased pesticides against weeds, fungi, and nematodes." *Science of the total environment* 399:11-18.

- D'addabbo, T., Carbonara, T., Leonetti, P., Radicci, V., Tava, A., Avato, P. 2011. Control of plant parasitic nematodes with active saponins and biomass from *Medicago sativa*. *Phytochemistry reviews*, 10(4), 503-519.
- De Waard, M.A., Georgopoulos, S. G., Hollomon, D. W., Ishii, H., Leroux, P., Ragsdale, N. M., Schwinn, F.J., 1993. "Chemical control of plant diseases: problems and prospects." *Annu. Rev. Phytopathol.* 31: 403_421
- Dimetry, N., Schmidt, G.H., 1992. "Efficacy of Neem-Azal-S and Margozan-O against the bean aphid, *Aphis fabae*." *Anz Schadl Pflanz Umw* 65, 75–79.
- Dura, O., Kaşkavalcı, G. 2009. "Organik domates yetiştiriciliğinde Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.)'na karşı savaş yöntemleri üzerine araştırmalar." *Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri (15-18 Temmuz 2009, Van)*, 65.
- Gökçe, A., Whalon, M.E., Çam, H., Yanar, Y., Demiştas, İ., Gören, N., 2006. "Plant extract contact toxicities to various developmental stages of Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae)." *Annals of applied Biology*, 149:197-202.
- Hatipoğlu, A., Kaşkavalcı, G. 2007. "Kök-ur Nematodları [*Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood]'na karşı savaşta bazı bitki kısımlarının etkileri üzerine araştırmalar." *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 31(2): 139-151.
- Hussey, R. S., Barker, K. R., 1973. "A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique." *Pl. Dis. Repr.*, 57, 1025-1028.
- Lazzeri, L., Curto, G., Dallavalle, E., D'avino, L., Malaguti, L., Santi, R., Patalano, G. 2009. Nematicidal efficacy of biofumigation by defatted Brassicaceae meal for control of *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitw. on a full field zucchini crop. *Journal of sustainable agriculture*, 33(3), 349-358.
- Maiteki, G.A., Lamb, B.J. 1985. "Spray timing and economic threshold for pea aphid *Acyrtosiphon pisum* on field peas in Manitoba." *Journal of Economic Entomology* 78, 1449–1454
- Naqui, S.N., Nuralain, S.M., Azmi, M.A., Asdaque, T. 1989. "Effect of Neem fraction and Malathion against whiteflies, *Aleurobus barodensis* on Brinjal crop (*Solanum melanogena*)." *Sarbad Journal of Agriculture*. 5, 25–28.
- Nguyen, D.M., Seo, D.J., Lee, H.B., Kim, I.S., Kim, K.Y., Park, R.D., Jung, W.J. 2013. "Antifungal activity of gallic acid purified from *Terminalia nigrovenulosa* bark against *Fusarium solani*." *Microbial Pathogenesis* 56, pp 8-15.

- Ntalli, N. G., Ferrari, F., Giannakou, I., Menkissoglu-Spiroudi, U. 2010. Phytochemistry and nematicidal activity of the essential oils from 8 Greek Lamiaceae aromatic plants and 13 terpene components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(13), 7856-7863.
- Oerke. E. C. 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science* 144(01). 31-43.
- Oka, Y. Ben-Daniel, B., Cohen, Y. 2012. Nematicidal activity of the leaf powder and extracts of *Myrtus communis* against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Plant pathology*, 61(6), 1012-1020.
- Onaran, A., Yılar, M. 2012. "Antifungal activity of *Trachystemon orientalis* L. aqueous extracts against plant pathogens." *Journal of Food, Agriculture & Environment* 10 (3&4), pp. 287-291.
- Özarslandan, A. Elekçioğlu, H.İ. 2010. "Türkiye' nin farklı alanlarından alınan Kök-ur nematodu türlerinin (*Meloidogyne* spp.) (Nemata: Meloidogynidae) moleküler ve morfolojik tanılama ile belirlenmesi." *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 34 (3): 323-335.
- Özcan M., Boyraz N., 2000 Antifungal properties of some herb decoctions. *Eur. Food. Res. Technol.* 212:86-88
- Özdemir, F. G. G., Tosun, B., Şanlı, A., Karadoğan, T. 2022. Bazı Apiaceae uçucu yağlarının *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 (Nematoda: Meloidogynidae)'ya karşı nematoksik etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(3), 529-539.
- Özercan, B., Taşçı, R. 2022. Türkiye'de Pestisit Kullanımının İller, Bölgeler ve Pestisit Grupları Açısından İncelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (375), 75-88.
- Pandey, D.K., Tripathi, N. N., Tripathi, R. D., Dixit, S.N. 1982. "Fungitoxic and phytotoxic properties of essential oil of *Hyptis suaveolens*." *Z. Pflanzenkrankheit Pflanzenschutz* 89:344-349.
- Perry, R.N., Moens, M., Starr, J.L. 2010. *Root-Knot Nematode*. CABI International. 488p.
- Popp, J., K. Pető. K., Nagy. J. 2013. Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy for sustainable development*. 33(1). 243-255.
- Ragsdale, N.N. 1994. "Fungicides." *Enclopedia of Agricultural Science*, 2: 445-453
- Ravikumar M.C., Garampalli R. H. 2013. Antifungal activity of plants extracts against *Alternaria solani*, the causal agent of early blight of tomato. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 46 (16): 1897-1903
- Söğüt, M.A., Elekçioğlu, İ.H. 2007. Methyl bromide alternatives for controlling *Meloidogyne incognita* in pepper cultivars in the Eastern Mediterranean

- Region of Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32 (1): 31-40.
- Thoden, T.C., Hallmann, J. Boppre, M. 2009. Effects of plants containing pyrrolizidine alkaloids on the Northern root-knot nematode *Meloidogyne hapla*. Eur. J. Plant Pathol., 123: 27-36
- Wiratno, Taniwiryono, D., Van den Berg, H., Riksen, J.A.G. Rietjens, I.M.C.M. Djiwanti, S.R. Kammenga, J.E., Murk, A.J. 2009. "Nematicidal Activity of Plant Extracts Against the Root-Knot Nematode, *Meloidogyne incognita*."The Open Natural Products Journal, 2, 77-85
- Yılar, M., 2014. Tokat ve çevresinde yaygın olarak görülen *Salvia* türlerinin antifungal ve biyoherbisidal aktivitelerinin belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı (Doktora Tezi), Tokat
- Yiğit, F., 1993. Domateslerde Erken Yanıklık Hastalığına Karşı Biyolojik Savaşta *Verticillium psalliotae* Treschow'nin Etkinliği Üzerinde Araştırmalar. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı, İzmir.

BÖLÜM 17

KIRŞEHİR İLİ MUCUR İLÇESİ HUBUBAT ÜRETİCİLERİNİN BİTKİ KORUMA YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIKLARI SORUNLAR İLE TARIMSAL İLAÇ KULLANIM DURUMUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ*

Zir. Yük. Müh. Türker GÜLTEKİN¹
Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Didem SAĞLAM ALTINKÖY²

¹ Kırşehir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Kırşehir, Türkiye. tugultekin@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0003-4214-5446

² Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Kırşehir, Türkiye. didemsaglam@ahievran.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-8925-1305

* Yüksek Lisans Tezinden Üretilmiştir.

GİRİŞ

Dünya nüfusunun her yıl artacağı öngörüsüyle bu artışa bağlı olarak beslenme ve barınma ihtiyacının da artış göstereceği açıktır. Tarım arazilerinde biyoyakıt ve elyaf gibi biyolojik esaslı ürünlerin üretilmesi (Popp ve ark., 2013) ve tarım alanlarının tarım dışı kullanıma açılması gibi sebeplerden dolayı insan beslenmesi amacıyla kullanılan tarım alanlarından daha fazla ürün elde etme gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

İnsan ve hayvan beslenmesinde tahıllar yüzyıllardır çok önemli bir yere sahip olmuştur. Dünyada üretilen tarımsal üretimin başında gelen serin ve sıcak iklim tahılları beslenmede ana besin grubunu oluşturmaktadır.

İnsan beslenmesinde hububat şüphesiz ilk sırada yer almaktadır. Hububattan elde edilen un, bulgur, nişasta, makarna insan beslenmesinde; bitkinin sapları ise kâğıt-karton sanayinde ve hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Hububat üretiminde dünyada ve Türkiye’de herhangi bir nedenle azalma olduğunda un ve un mamullerinden yapılan gıda maddelerinin fiyatları artarak doğrudan tüm tüketici gruplarını etkilemektedir. Hububat üretimi açısından yeterli olmak ve stoklarında yeterince hububat ürünü bulundurmamak her ülke ve sürdürülebilir gıda güvenliği için stratejik bir önem arz etmektedir (Süzer, 2006).

Sosyo-ekonomik özellikleri bakımından hububat, Türkiye tarımının en önemli ürün grubu niteliğindedir. 2022 yılında tahıl ürünleri üretimi 2021 yılı verilerine göre %21,3 oranında artış göstermiştir. Buğday üretimimiz 19,8 milyon ton, arpa üretimimiz 8,5 milyon ton, çavdar üretimimiz 273 bin ton ve yulaf üretimimiz ise 365 bin ton olarak gerçekleştiği bildirilmiştir (Anonim, 2023).

İç Anadolu Bölgesi ülkemiz hububat ekilişi içerisinde (Tarım bölgeleri sınıflandırmasına göre Orta Kuzey ve Orta Güney Bölgelerini kapsayan 18 il) %40,2’lik bir paya sahiptir (Arısoy, 2011). Kırşehir ilinde hububat üretimi yoğun bir şekilde gerçekleştirilmekte olup, il ekonomisini destekleyen

sektörlerin başında gelmektedir. 2022 yılı TÜİK verilerine göre 524,065 ton tahıl üretimi gerçekleşmiştir (Anonim, 2023).

Gıda sanayinin hammaddesi olması açısından üretimi desteklenen ve birim alandan en fazla ürün almaya yönelik çalışmaların yoğun sürdüğü hububat üretimini ve verimini kısıtlayan abiyotik ve biyotik faktörler söz konusudur.

Tarımsal üretimde hasat öncesinde zararlılardan dolayı meydana gelen ürün kayıplarının ortalama %35 olduğu belirtilmektedir (Popp ve ark., 2013). 2001-2003 yılları arasında dünya genelinde yapılan bir çalışmada en önemli 6 bitki (buğday, pirinç, mısır, patates, soya fasulyesi ve pamuk) üzerinde sorun olan zararlılar (böcekler, bitki paraziti nematodlar, kemirgenler, kuşlar, sümüklü böcek ve salyangoz), patojenler (funguslar, bakteriler ve virüsler) ve yabancı otlar tarafından oluşturulan ürün kayıpları belirlenmiş ve buna göre bildirilen bitkiler değerlendirildiğinde en fazla verim kaybına yabancı otların (%34) neden olduğu bunu sırasıyla; zararlılar (%18) ve patojenlerin (%16) izlediği bildirilmiştir (Oerke, 2006).

Üreticiler hastalık, zararlı ve yabancı otlar gibi biyotik etmenleri kontrol altına alabilmek için yoğun bir şekilde mücadele yapmaktadır. Bugün tarımsal mücadelenin yapılmaması durumunda, bazı ürünlerde ortalama %65'in üzerinde ürün kayıpları meydana gelebileceği tahmin edilmektedir. Örneğin, buğday üretiminde, yabancı ot, sürme, süne, kıvılcık gibi hastalık ve zararlılarla mücadele yapılmadığı takdirde ürün kayıplarının parasal değeri milyonlarla ifade edilmektedir (Durmuşoğlu ve ark., 2010).

Bitkisel üretimde hastalık ve zararlılara karşı yapılan mücadeleler içinde kimyasal mücadele önemli bir yer tutmaktadır. 2019 yılı verilerine göre pestisit kullanımı dünyada 2,69 kg/ha olarak belirlenmiştir. Ülkemiz, pestisit kullanımı bakımından 2.2 kg/ha ile dünyada 12. sırada yer almaktadır (Özercan ve Taşcı,2022). Ülkemizde 2022 verilerine göre pestisit kullanımı bakımından en

yüksek oran %38,4 ile fungusit, % 24,7 ile herbisit ve %23,0 ile de insektisit olarak belirlenmiştir (Özercan ve Taşcı,2022).

Hastalık, zararlı ve yabancı otların üretimi sınırlaması nedeniyle oluşabilecek ekonomik kayıpların azaltılabilmesi için tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de entegre zararlı yönetimi ilkeleri çerçevesinde pestisit kullanımı halen vazgeçilmez unsurlardandır. Ancak pestisitlerin kullanımı bir taraftan tarımsal üretimi artırırken diğer taraftan bilinçsiz ve hatalı kullanım sonucu doğrudan ya da dolaylı yollardan insan ve çevre sağlığı problemlerini de beraberinde getirebilmektedir.

Üreticilerin, üretim yaparken karşılaştıkları sorunların doğru bir şekilde teşhis edilmesi ve bunlara karşı uygulayacakları mücadele yöntemlerinin belirlenmesi önemlidir. Üreticilerin gereğinden fazla pestisit kullanma eğiliminde olduğu belirlenmiştir (İnan ve Poyraz, 2002). Bu kullandıkları pestisitlerin zararları konusunda bilgi seviyelerinin az olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Demircan ve Yılmaz, 2005, Sahin ve ark., 2010, Peker, 2012). Üreticilerin bilgilendirilmesi ve kimyasal ilaçlar dışında alternatif yöntemler hakkında da üreticilerin bilgi seviyelerinin artırılması önemlidir.

Yapılan bu çalışmada Kırşehir iline bağlı Mucur ilçesinde hububat üretimi yapan üreticiler ile görüşülerek hububat alanlarında karşılaştıkları bitki koruma problemleri, üreticilerin pestisit kullanımı yönünden var olan sorunları ile pestisit kullanımı ve seçimindeki eğilimleri, bilgi düzeyleri ve çevre ve insan sağlığına olan duyarlılıkları saptanmaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın ana materyalini 2017-2018 üretim döneminde Kırşehir ili, Mucur ilçesindeki hububat üretimi yapan çiftçiler ile yüz yüze yapılan anketler oluşturmuştur. Bu çalışmada yer alan çiftçiler Kırşehir Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'nün 2017 yılı Çiftçi Kayıt Sisteminden (ÇKS) hububat üretici kayıtları değerlendirilerek belirlenmiştir (Anonim, 2019a).

Araştırma bölgesinde hububat ekimi yapan üreticilerin örnek hacminin bulunmasında tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemlerinden Neyman yöntemi kullanılmış ve örnek hacmi 108 olarak belirlenmiştir (Çiçek ve Erkan, 1996). Araştırma örnek hacmi %5 hata ve %95 güven sınırları içerisinde tespit edilmiştir. İşletme büyüklük grupları I. Grup üreticiler için 1-50 dekar (8 anket) II. Grup üreticiler için 51- 100 dekar (36 anket) ve III. Grup üreticiler için ise, 101 \geq dekar (64 anket) olarak belirlenmiştir.

Verilerin Değerlendirilmesi

Anketlerden elde edilen veriler Microsoft® Office 365 Excel paket programı kullanılarak hesaplanmıştır (Anonim, 2019 b).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kırşehir iline bağlı Mucur ilçesindeki hububat üretimi yapan üreticilerin, üretim yapılan alanlarda sorun olan bitki koruma problemlerinin mevcut durumunun ortaya konulabilmesi ve belirlenen problemlerin çözümüne ilişkin öneriler geliştirmek amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.

Ankete katılan üreticilerin tamamının yaş ortalaması 50,37 olarak tespit edilmiştir. En yaşlı üretici 82 yaşında, en genç üreticinin ise 25 yaşında olduğu belirlenmiştir. Araştırma alanında ankete katılan üreticilerin eğitim durumlarına göre dağılımı, %2,78'si okuma yazma bilmemekte, %30,55'i ilkokul mezunu, %25,93'ü ortaokul mezunu, %27,78'i lise mezunu ve %12,96'sı üniversite mezunu olarak tespit edilmiştir. Eğitim seviyesi her alanda olduğu gibi tarımsal üretimde de üreticilerin tutum ve davranışlarını istenilen (olumlu) yönde etkileyen en önemli etmenlerden biridir. Çalışmanın yürütüldüğü Kırşehir İli, Mucur İlçesinde çiftçilik yapan üreticilerin %40,74'ünün lise ve üzerinde eğitim aldığı belirlenmiştir.

Hanede yaşayan birey sayısı, sosyo-ekonomik açıdan önem arz etmektedir. Birey sayısındaki artış ve azalışlar gelir seviyesi dağılımı, hayat

standartları ve eğitim durumu gibi birçok konuyu doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Ankete katılanların ortalama hane halkı sayısı 3,02 kişi olup en az 1 kişi en fazla ise 7 kişi oldukları ve ortalama 20 yıldır çiftçilikle uğraştıkları tespit edilmiştir.

Üreticilerin sosyal güvence yapılarına bakıldığında bir kısmının memur emeklisi veya herhangi bir kamu kurumunda çalıştığı, büyük bir çoğunluğunun ise çiftçi bağ-kur'u adı altında her ay kendi sosyal güvenlik ödemelerini yaptığı belirlenmiş olup, ankete katılan üreticilerin tamamının sosyal güvencesinin olduğu tespit edilmiştir.

Üreticiler “*Üretimizi Sınırlayan Faktörler Nedir?*” sorusuna %45’i masraflar ile birlikte ürünün pazar değerinin, %37’si ise sadece masrafların, geriye kalan %18’lik kısım ise masraflar ve ürünün pazar değeri ile birlikte hastalık, zararlı, işçilik ve diğer nedenlerin üretimlerini sınırladıklarını belirtmişlerdir. Tokat ilinde yapılan bir araştırmada üreticilerin karşılaştıkları sorunlardan %37,25’i hastalık, zararlı ve yabancı otlardan kaynaklı sorunlar olduğu, %21’nin pazarlama sorunu olduğunu, diğer sorunların ise sulama, tohumluk ve işçilik sorunları olduğunu belirtmişlerdir (Kadioğlu 2003).

Üreticilere “*Üretim Materyalini Nereden Temin Ettikleri?*” sorulmuştur. Alınan cevaplara göre % 28,70’i en çok ilaç bayisinden temin ettiğini belirtmişlerdir. %25’i, ilaç bayisi ve tarım kredi kooperatifinin her ikisinden de temin ettiğini ve %22,22’si ise tohum firmaları ve tarım kredi kooperatiflerinden temin ettiğini bildirmiştir. %24,08’i ise tohum alırken özel bir tercihinin olmadığını belirtmiştir.

Üreticilere “*Bildiğiniz Tarımsal Mücadele Hizmeti Veren Kuruluşlar Nelerdir?*” sorusuna bütün üreticilerin tarımsal mücadele veren kuruluşları tanıdıkları, hangi kuruluştan hizmet aldıkları sorulduğunda ise; % 41, 6’sının İl/İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü ile ilaç bayilerinden, %19,4’ünün İl/İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, ilaç bayileri ve Tarım Kredi Kooperatiflerinden, %12,9’nun sadece İl/İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğünden hizmet aldıklarını

bildirmişlerdir. Tokat ili Merkez, Turhal, Pazar, Zile ilçelerinde üreticiler ile yapılan anket çalışmasında; ankete katılan üreticilerin zirai mücadele veren kuruluşları tanıdıkları fakat Tarım ve Orman İl/İlçe Müdürlüklerinden arzu edilen oranda faydalanamadıkları, Zirai Mücadele Enstitüsü ve Ziraat Fakültesini çok düşük oranda tanıdıkları ve sorunlarını çözecek bir kurum olarak görmedikleri tespit edilmiştir (Kadıoğlu, 2003).

Üreticiler “*Tarımsal Mücadele İlaçlarını Nereden Temin Ettikleri?*” sorusuna %39,8’inin sadece ilaç bayisinden temin ettiği, %54,6’sının ilaç bayi ve Tarım Kredi Kooperatifinden temin ettiği, %4,6’sının sadece tarım kredi kooperatifinden temin ettikleri tespit edilmiştir. Manisa İli Turgutlu ilçesinde üzüm üreticileri ile yapılan bir çalışmada; üreticilerin yetiştiricilik yaptığı alanlarda karşılaştıkları zararlılar ile mücadelede kullandıkları tarım ilaçlarını nereden temin ettikleri sorusuna üreticilerin %59’unun gübre-ilaç bayilerinden, %35’inin ziraat odasından ve geri kalan %6’sının ise Tarım Kredi Kooperatifi ve şeker şirketinden sağladıklarını bildirmişlerdir (Yanar ve ark., 2017).

Üreticilere “*Teşhis Konusunda Kimden Yardım Aldıkları?*” sorulduğunda %35’inin problemi kendisinin hallettiği, %65’inin ise uzman birinden yardım aldığı tespit edilmiştir. Teşhis konusunda üreticilerin uzman birinden yardım alarak mücadeleye geçmeleri üreticilerin bu konudaki hassasiyetlerini göstermektedir. Sincan ilçesi (Ankara) sebze üreticileri ile yapılan bir çalışmada; hastalık ve zararlıların teşhisinin tam olarak yapılmamasından dolayı yanlış pestisit kullanımının olduğunu, zararlı ve hastalık teşhisini üreticilerin %61’inin kendilerince yapıldığı, %13,9’u diğer üreticilere yaptırdığını, geri kalanların ise bayiler ve teknik elamanlardan problemi teşhis ettirdiklerini bildirmişlerdir (Erkuş ve ark., 1992).

Üreticilere “*Tarımsal Mücadeleye Karar Verme Kriterleri Nelerdir?*” sorusu sorulmuştur. I. Grup üreticilerin %62,5’i birinci derecede önemli kriterin hastalık, zararlı ve yabancı otu üretim alanlarında gördüğünde, ikinci, üçüncü ve dördüncü önem derecesinde ise %12,50 oranla kendi tecrübesi, ilaç bayisi

ve İl/İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinin önerilerine göre, II. Grup üreticilerin birinci derecede karar verme kriterinin yaklaşık %67'sinin hastalık, zararlı ve yabancı otu üretim alanlarında gördüğünde mücadeleye karar verdiğini, ikinci önem derecesinde ise ilaç bayilerinin önerisine göre yaptıklarını, III. Grup üreticilerin birinci derecede karar verme kriterlerinin yine %51,56'sı hastalık, zararlı ve yabancı otu üretim alanlarında gördüğünde ama ikinci derecede önem verme kriterlerinin ise %39'luk bir oranla hastalık, zararlı ve yabancı otu görmese dahi kendi tecrübesine dayanarak mücadeleye başladıklarını belirtmişlerdir. Isparta ili Eğirdir ilçesindeki elma üreticileri ile yapılan çalışmada; Kimyasal mücadeleye karar vermede üreticilerin %78'inin hastalık ve zararlı yoğunluğunun, %11'inin pestisit fiyatlarının, %6'sının pestisit uygulama masraflarının, %5'inin ise diğer nedenlerin ilaçlamaya karar aşamasında ön plana çıkan nedenler olduğunu bildirmişlerdir (Boyras ve ark., 2005).

Üreticilere "*Hastalık, Zararlı ve Yabancı Otlara Karşı Mücadelede Kimyasal Mücadelenin Dışında Hangi Mücadele Yöntemlerini Uyguladıkları?*" sorulmuş üreticilerin %98,1'inin kültürel mücadele uygulamalarını yaptıkları, %1,9'unun ise kültürel mücadele hakkında herhangi bir fikrinin olmadığını belirtmişlerdir. Üreticilere mekanik mücadele yapıp yapmadıkları sorulduğunda ise I. Grup ve II. Grup üreticilerin tamamının yapmadığı, III. Grup üreticilerden 64 üreticinin 59'unun yapmadığı, 4 üreticinin mekanik mücadele yaptığı ve 1 üreticinin ise fikrinin olmadığı tespit edilmiştir. Üreticilere hastalık, zararlı ve yabancı otlara karşı biyoteknik ve biyolojik mücadele konusunda yöneltilen sorulara verdikleri cevaplardan yaklaşık %99'unun bu mücadele yöntemlerini kullanmadıkları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında üreticilerde hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadele denildiğinde, ankete katılan üreticiler için kimyasal mücadelenin tek uygulama olduğu anlaşılmaktadır. Antalya ili Kumluca İlçesi örtü altı sebze yetiştiricileri ile yapılan çalışmada tarımsal mücadelede tarım ilacı kullanımı

dışında başka mücadele yöntemlerin kullanım durumu incelendiğinde diğer uygulamaların oldukça düşük oranlarda olduğu ve bu yöntemlerin etkisiz kaldığını tespit etmişlerdir. Kimyasal mücadelenin dışında diğer yöntemler olarak seralarda önemli bir yer tutan sarı yapışkan tuzakların ve koruyucu olarak kullanılan tül kullanımının araştırma bölgesinde çok yaygın olmadığı belirlenmiştir (Kan, 2002).

Ankete katılan üreticilere “İlaçlama ile İlgili Bir Eğitim Alıp Almadıkları?” sorusuna I. Grup ve II. Grup üreticilerin tamamının pestisit uygulaması ile ilgili bir eğitim almadığı, benzer şekilde III. Grup üreticilerin ise tamamına yakınının ilaçlama ile ilgili bir eğitim almadığı, 1 üreticinin ise pestisit uygulaması ile ilgili eğitim aldığı ve 1 üreticinin bu konuda herhangi bir fikrinin olmadığı tespit edilmiştir.

Üreticilerin yetiştirdiği ürünlerde “Hastalık, Zararlı ve Yabancı Otlara Karşı Kullanmış Oldukları Pestisitlerde Hangi Hususlara Dikkat Ettikleri?” sorusu yöneltilmiştir. I. Grup ve II. Grup üreticiler tarım ilacı seçiminde özellikle ilacın etkinliği ile pestisit fiyatına dikkat ettikleri, III. Grup üreticilerin ise ilacın etki durumunun yanında kullanacağı ilacın son kullanma tarihine dikkat ettikleri tespit edilmiştir. Üreticilerin ilaç alırken dikkat ettiği birinci kriter ilacın etkinliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Üreticiler öncelikle tercih edecekleri pestisit sorunu teşkil eden hastalık ve zararlıya karşı etkinliğini araştırmaktadırlar. Üreticilerin tarım ilacı alırken ön plana çıkan diğer hususlar ise pestisit fiyatı ve son kullanma tarihi olarak belirlenmiştir. Adıyaman Çelikhhan ilçesindeki çiftçilerle yapılan bir çalışmada; pestisit kullanan çiftçilerden zirai ilaç alırken dikkat ettikleri faktörlerin %76,5’inin nelere etki ettiğine, %54,5’inin son kullanma tarihine, %43,6’sının çevreye zararına, %38,5’inin zehirliliğine, %28,8’inin yan etkisine, %27,4’ünün fiyatına ve %23,5’inin ise ilacın markasına baktığını belirtmişlerdir (Önen ve ark., 2015).

Ankete katılan üreticilere hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadelede kullanacakları “*Tarım İlaçlarını Hangi Zamanlarda Temin Ettikleri?*” sorulmuştur. I. Grup üreticilerimizin % 87,5’i hastalık, zararlı ve yabancı otun üretim alanlarında görülmeye başlandığı süreç de pestisitlerini temin ettiklerini, II. Grup üreticilerin % 61,1’inin hastalık, zararlı ve yabancı otu üretim alanlarında gördüğünde, %25’inin ise diğer üreticilerin pestisit uygulamasına başladıklarını görmeleriyle temin ettiklerini, III. Grup üreticilerin ise %68,75’inin hastalık zararlı ve yabancı otu üretim alanlarında gördüğünde, %9,38’inin ise yine diğer üreticilerin pestisit uygulamasına başladığında temin ettiklerini söylemişlerdir. İlaçlama takvimine göre temin edilme oranlarına bakılacak olursa I. Grupta hiçbir üreticinin olmaması, II. Grup üreticilerde bu oranın % 2,78 ve III. Grup üreticilerde ise bu oranın % 4,69’a çıkması dikkati çekmektedir.

Üreticilere “*İlaç Dozunu Ayarlarken Kullandıkları Ölçek Nedir?*” sorulduğunda büyük bir kısmının “*Kendi Ölçeğim*” cevabını verdiği belirlenmiştir. Tarım ilacını temin ettikleri yerlerde genellikle ilaçlanacak toplam alana göre ilaç dozunun hesaplaması yapıldığından, pestisitinin tamamını uygulama tankına boşalttıklarını ve bu durumdan dolayı herhangi bir ölçeğe gerek kalmadan ilaç dozunu ayarladıklarını, ölçek kullanma gereksinimi olan durumlarda ise ilaç bayilerinden hazır ölçekler temin ettiklerini bildirmişlerdir. Adıyaman Çelikhan ilçesindeki üreticilerle yapılan çalışmada; üreticilerin %57,8’inin pestisit dozunu uzmanların önerdiği dozda, %57,0’ının dereceli ölçekle, %30,7’sinin ilaç kapağıyla, %9,8’inin çay bardağıyla ve %5,3’ünün göz kararıyla ilaç dozunu ayarladıklarını saptamışlardır (Önen ve ark., 2015). “*İlaç Dozu Ayarlama Yaranılan Kişi ve Kuruluşlar Var mı?*” sorusuna üreticilerin %35,17’si ilaç bayisinin önerisine göre, %34,26’sı ilaç üzerindeki etiketi okuyarak/anlayarak ve %4,63’ü ise diğer üreticilerin önerisine göre ilaç dozunu ayarladığını bildirmişlerdir. Diğer taraftan %14,8’lik oranla birden fazla unsuru göz önünde bulundurarak ilaç dozunu ayarlayan üreticiler de

bulunmaktadır. İlaç bayilerinden tarım ilaçlarını temin edenler ilaç bayisinin ilacın üzerine kullanım dozunu yazdığını da belirtmişlerdir. Bu durumda ilaç dozu ayarlama ilacın temin edilme yerinin önemi ortaya çıkmaktadır. Üreticilerin büyük bir çoğunluğunun ilaç bayilerinden pestisitleri temin etmeleri nedeniyle ilaç bayilerinin ekonomik zarar eşiğini göz önünde bulundurarak ilaç önermeleri oldukça önem taşımaktadır.

Üreticilere "*Kullandıkları Tarım İlaçlarının Uygulama Dozunu İlaç Bayilerinin, İl/İlçe Tarım ve Orman Müdürlükleri Teknik Personellerinin ya da İlaç Etiket Önerilerine Göre Uygulayıp Uygulamadıkları?*" sorulmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde üreticilerin büyük çoğunluğunun önerilen doza göre pestisit uygulaması yaptıkları belirlenmiştir. Buna rağmen ankete katılan üreticilerin %14,81'i tavsiye edilen dozun altında, %12,04'ü ise tavsiye edilen dozun üstünde pestisit uygulaması yaptıklarını ifade etmiştir. Önerilen dozun üstünde pestisit kullanan üreticilerin fazla pestisit kullanma nedenini önerilen dozun yeteri kadar etkinlik göstermemesi olarak belirtmişlerdir. Manisa İli Turgutlu ilçesinde üzüm üretimi ile uğraşan üreticilerle yapılan çalışmada; üreticilerin kullandıkları pestisitlerin uygulama dozuna dikkat etmeyerek aşırı dozda pestisit kullandıklarının belirlendiğini, bu durumun insan ve çevre sağlığını olumsuz etkilediğini saptamışlardır (Yanar ve ark., 2017).

Üreticilere "*Boş İlaç Ambalajlarına Nasıl Bir İşlem Uyguluyorsunuz?*" şeklinde yöneltilen soruya üreticilerimizin %56,48'inin ilaçlama alanında bıraktığı, %20,37'sinin çöp kutusuna attığı, %9,26'sının temizleyip değişik amaçlarla kullandığı, %11,11'inin yakarak imha ettiği ve %2,78'inin de toprağa gömdüğü belirlenmiştir. Isparta ili elma üreticileri ile yapılan çalışmada; Elma üreticilerinin %42,20'sinin ilaçlamadan sonra ambalajları düzensiz olarak çevreye attığı, %22,02'sinin ambalajları yakarak imha ettiği, %15,60'ının ambalajları toprağa gömdüğü ve %20,18'inin ise ambalajları poşete koyarak çöp kutusuna attığı tespit edilmiştir (Demircan ve Yılmaz 2005).

Üreticilere “*Yetiştirmiş Oldukları Ürünler Üzerinde Kullanmış Oldukları İlaçların Kalıntı Bırakıp Bırakmadığı?*” sorulmuş ve üreticilerin yarısı tarım ilaçlarının tarımsal ürünler üzerinde kalıntı bırakacağı konusunda hem fikir olduğu belirlenmiştir. İlaç kalıntılarının yıkama ile giderilebileceğini düşünen üreticilerimizin oranı da I. Grup ile II. Grup üreticilerde dikkati çekmektedir. Isparta ili elma üretimi yapan üreticilerle yapılan çalışmada üreticilerin %38,53'unun kullandıkları ilaçların üründe bırakacakları kalıntıların yıkanma ile giderilebileceğini, %22,02'sinin kullanılan pestisitlerin üründe kalıntı bırakmayacağını, %29,36'sının bazı pestisitlerin ürünlerde kalıntı bırakabileceğini ve %10,09'unun ise pestisit kalıntıları hakkında herhangi bir fikrinin olmadığını belirtmişlerdir (Demircan ve Yılmaz 2005). Tarım çalışanlarının bitki koruma ürünleriyle ilgili bilgi ve davranışlarının derlendiği başka bir çalışmada ise üreticilerin büyük çoğunluğunun tarım ürünlerinde pestisit kalıntı sorununu önemsemediği ve uygulama yaparken de bu durumu dikkate almadığı saptanmıştır (Uskun 2015).

Üreticilere “*Bitki Koruma Problemlerinin Çözümünde Aşırı Pestisit Kullanmanın İnsan, Çevre Sağlığı ve Tarımsal Ürünler Üzerinde Ne Gibi Bir Etkisinin Olacağı?*” sorulmuştur. Ankete katılan üreticilerin büyük bir çoğunluğu (%79,63) insan ve çevreye zararlı olduğu cevabını verdiği, %14,81'inin ise aşırı pestisit kullanımının insan, çevre ve tarımsal ürünler üzerinde herhangi bir zarar vermeyeceğini, %5,56'sının ise sadece tarımsal ürünler üzerinde bir zararı olduğunu söylemişlerdir.

Üreticilere “*Hastalık, Zararlı ve Yabancı Otlara Karşı Yapılan Kimyasal Mücadelede Birden Fazla Pestisiti Karıştırarak Mücadele Yapıp Yapmadıkları ve Eğer Birden Fazla İlacı Karıştırılıyorsa Nedeni Nedir?*” sorusu yöneltilmiştir. Ankete katılan I. Grup üreticilerin %50'si, II. Grup üreticilerin %80,56'sı, III. Grup üreticilerin ise %89,06'sı birden fazla ilacı karıştırarak mücadele yaptığını söylemiştir. “*Nedeni Nedir?*” sorusuna ise; I. Grup üreticilerin %50'si ilaçlama maliyetini azaltmak, %50'si ise bir ilaçlamada

birden fazla hastalık, zararlı ve yabancı otu kontrol etmek için olduğunu, II. Grup üreticilerde bu durum ise %68,97'si ilaçlama maliyetini azaltmak, %17,25'i ise bir ilaçlamada birden fazla hastalık, zararlı ve yabancı otu kontrol etmek için, III. Grup üreticilerin ise %36,84'i ilaçlama maliyetini azaltmak ve %54,4'ü bir ilaçlamada birden fazla hastalık, zararlı ve yabancı otu kontrol etmek için olduğunu belirtmişlerdir. Isparta ili Eğirdir ilçesindeki elma üreticileri ile yapılan çalışmada; üreticilerin %83'ünün ilaçlamalarda birden fazla ilacı karıştırarak, %17'sinin ilaçları birbiriyle karıştırmadan kullandıklarını, ilaçları karıştırma nedenlerinin ise %65'inin bir ilaçlamada birden fazla zararlıyı öldürmek, %19'unun birden fazla ilaç kullanarak tek bir zararlıyı veya hastalığı daha kolay yok edebilmek, %9'unun ilaçlama maliyetini azaltmak, %7'sinin ise diğer nedenler için ilaçlamalarda birden fazla ilacı karıştırarak kullandıklarını tespit etmişlerdir (Boyras ve ark., 2005).

Üreticilerimize "*Satın Almış Oldukları İlaçlardan Geriye Kalanları Nerede Muhafaza Ettikleri?*" sorulmuş ve üreticilerin büyük bir oranı kullanacağı kadar aldığını belirtmişlerdir.

Üreticilerimize "*İlaçlama Sonrası Kalan İlacı ve İlaçlama Tankının Temizlenmesi Sonrasında Oluşan İlaçlı Suyu Nereye Attıkları?*" sorulmuştur. Ankete katılan üreticilerin tamamı değerlendirildiğinde %36,11'i tarla veya bahçenin bir kenarına boşalttığını, %22,22'si pestisitli suyun tamamını ilaçlama sırasında tarlada bitirdiğini, %37,96'sı boş bir araziye püskürttüğünü, %3,7'si ise sulama kanalı veya kanalizasyona boşalttığını belirtmiştir.

Üreticilere yetiştiriciliğini yaptıkları "*Hububat Alanlarında Sorun Olan Bitki Zararlılarının Tek Tek Neler Olduğu?*" sorusu yöneltmiştir. Üreticilerin %18,51'i süneyi nadir olarak, %70,37'si ise arada bir sorun olarak görüldüğünü, %87,96'sının tarla faresinin ve %29,62'si ise ekin kambur böceğinin arada bir sorun olarak görüldüğünü diğer zararlıların ise pek sorun olmadığını söylemişlerdir. Konya ilinde buğday üretiminde sorun olan zararlıların belirlenmesi üzerine yapılan bir araştırmada; ürün kaybına ve/veya

fiyat düşüklüğüne neden olan zararlılar arasında süne ve kımıl'ın olduğunu bildirmişlerdir (Özbek ve Fidan 2015).

Üreticilere "*Üretimleri Sırasında Karşılaştıkları Bitki Hastalıklarının Tek Tek Neler Olduğu?*" sorulmuştur. Üreticilerin %56,48'i buğdayda Sürme hastalığının, %62,03'ü Pas hastalıklarının, %23,15'i Septorya Yaprak Lekesi hastalığının, %11,11'i Külleme hastalığının arada bir sorun olarak görülebildiğini, diğer hastalıkların ise genellikle sorun olmadığını ve mücadele gerektirmediğini belirtmişlerdir.

Hububat yetiştiriciliği yapılan alanlarda hangi yabancı otların ne derecede sorun olduğunu belirlemek için ankete katılan üreticilere "*Sorun Olarak Karşılaştıkları Yabancı Otların Tek Tek Neler Olduğu?*" sorulmuştur. Üreticilerin %67,59'u yabancı hardal'ın, %6,48'i yabancı yulafın, %17,59'u ise yabancı çavdarın her yıl üretim alanlarında sorun olabildiğini, üreticilerin %43,52'si tilki kuyruğunun, %58,33'ü yabancı yulafın, %62,04'ü püsküllü çayırın, %67,59'u yabancı çavdarın, %25'i yabancı hardalın arada bir sorun olarak üretim alanlarında karşılaştıklarını belirtmişlerdir.

Üreticilerin ilaçlarını temin ettikleri tarım ilaç bayilerine karşı memnuniyet düzeylerinin belirlenmesi amacıyla ilaç bayileri hakkında sorular yöneltilmiştir. Üreticilerin ilaç bayilerinden hiç memnun olmadıkları durum %50,93 oranla hastalık, zararlı ve yabancı otlarla ilgili şikâyetlerinde üreticinin arazisine giderek tespit yapmadığı, farklı ürün bulundurma konusunda memnun olma durumunun %29,63 ve %64,81'inin orta düzeyde memnun olduğunu, %1,85'lik düşük bir oranda memnun olmadıklarını söylemişlerdir. %46,30'luk en yüksek memnun olma oranı üreticinin istediği zaman ulaşılabilirliği olarak öne çıkmaktadır. Hastalık zararlı ve yabancı otlarla mücadele konusunun en önemli unsurlarından biri olan doğru teşhis koyma konusunda üreticilerin ilaç bayileri memnuniyet düzeyleri; en yüksek oranla %69,44'ünün orta memnuniyette olduğu, %24,07'sinin memnun olduğu, %2,78'inin memnun

olmadığı, yine %2,78'inin hiç memnun olmadığı, çok düşük bir oranla %0,93'ünün çok memnun olduğu tespit edilmiştir.

SONUÇ

Türkiye'de toplam hububat ekim alanları içerisinde İç Anadolu Bölgesi ilk sırada yer almaktadır. Kırşehir ili Mucur İlçesi hububat üretimi bakımından bu payda önemli bir yere sahiptir. Üreticiler, üretimleri sırasında birçok hastalık, zararlı ve yabancı ot sorunu ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu sorunların çözümünde ilk olarak kimyasal mücadele yöntemi tercih edilmektedir. Tarım ilaçlarının bilinçsiz bir şekilde kullanımı birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Bu araştırmada Kırşehir İline bağlı Mucur ilçesinde hububat üretimi yapılan alanlarda sorun olan bitki koruma problemleri belirlenmiş ve üreticilerin tarım ilacı kullanımı yönünden var olan sorunları ile tarım ilacı kullanımı ve seçimindeki eğitim, bilgi düzeyi ve çevresel duyarlılıkları ortaya konulmuştur.

Üreticilerimizin, %40,74'ünün lise ve üzerinde eğitim gördüğü tespit edilmiştir. Üreticilerin ortalama 20 yıldır çiftçilik yaptığı ve tamamının sosyal güvencesinin bulunduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma ile üreticilerin tarımsal mücadele uygulamaları incelendiğinde tamamının mücadele dendiğinde kimyasal mücadele akıllarına geldiği, büyük bir çoğunluğunun kimyasal mücadele yanında kültürel önlemleri uyguladığı ancak diğer mücadele yöntemlerini bilmemeleri veya uygulama zorlukları gibi nedenlerden uygulamadıkları ankete verdikleri cevaplarla tespit edilmiştir. Üreticilerin tarımsal mücadele veren kuruluşlar olarak en fazla tanıdıkları ve yardım aldıkları kurumlar olarak İl/İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinin olduğu belirlenmiştir.

Ankete katılan üreticilerin neredeyse tamamı tarımsal mücadele işlerini kendisinin yaptığını belirtmişlerdir. Üreticilerin hububat alanlarında hastalık, zararlı ve yabancı otlarla yaptıkları mücadele içinde en fazla mücadelesi yapılan bitki koruma probleminin yabancı otlar olduğu ve bu mücadelede karar

verme kriterlerinin hastalık, zararlı ve yabancı otları üretim alanlarında gördüklerinde başladıklarını beyan etmişlerdir. Bu nedenle araştırma bölgesinde en fazla kullanılan pestisit grubunun herbisitler olduğu tespit edilmiştir. Üreticilerle sözlü yapılan görüşme sonucunda hububat alanlarında önemli bir sorun teşkil eden hububat zararlılarından olan süne ile mücadele konusunda İl/İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerinin yaptığı sorveyler sonrasında pestisit uygulaması yapılması yönünde yapılan tebligatlara göre mücadele ettiklerini bildirmişlerdir.

Araştırma bölgesindeki üreticilerin üretimi sınırlayan faktörler içerisinde masraflarla birlikte ürünün pazar değerinin önemli bir konu olduğunu belirtmişlerdir. Bu durum son yıllardaki ürün desenine de etki etmiştir. Hububat üreticilerinin birçoğu son zamanlardaki fiyat artışı nedeni ile nohut üretimine de yönelmiş durumdadır. Üreticiler, tarımsal mücadeleye karar verirken ilk kriter olarak hastalık, zararlı ve yabancı otu üretim alanlarında gördüğünde mücadele ettiklerini ve tarım ilaçlarını temin etme zamanlarının ise hastalık, zararlı ve yabancı otun üretim alanlarında görülmeye başlandığı dönemde olduğunu belirtmişlerdir. Bu durum üreticilerin bitki koruma problemi ile karşılaşmadan önce ilaç alma eğiliminde olmadıkları, zararlı görülmeye başlandığında kimyasal ilaçları temin ettikleri belirlenmiştir.

Üreticiler tarım ilaçlarını satın alırken özellikle dikkat ettikleri hususlar içinde ilacın etkinliği ile ilaç fiyatının ön plana çıktığı belirlenmiştir. Üreticilerin ilacın son kullanma tarihine çok fazla dikkat etmedikleri tespit edilmiştir.

Üreticilerin büyük bir kısmının hastalık, zararlı ve yabancı otu üretim alanlarında gördüğünde mücadeleye geçmeleri nedeni ile üreticilerin ekonomik zarar eşiği hakkında bilgi sahibi olmaları yönünde çalışmaların yapılması son derece önem kazanmaktadır. Ayrıca üreticilerin birçoğunun pestisit uygulamaları konusunda herhangi bir eğitim almadığı belirlenmiştir. Bu

konuda eğitimler düzenlenerek üreticilerin bilgi düzeylerinin artırılması aşırı ilaç kullanımının önüne geçilmesinde önemli olacaktır.

Üreticilerin %50'sinden fazlası kullandıkları tarım ilaçlarını önerilen dozda kullandığını, diğerleri ise önerilen dozun altında veya üstünde kullandığını belirtmişlerdir. Önerilen dozun üzerinde pestisit kullananlar, uygulama dozunun bitki koruma etmenleri üzerine etkin olmadığı görüşünü bildirmişlerdir. Bu durum hedef organizmanın pestisite direnç kazanması veya pestisit uygulama zamanının yanlış olabileceği sonucunu düşündürmektedir.

Üreticilerin pestisitlerin çevre ve insan sağlığına olan bilinç düzeyleri incelendiğinde üreticilerin %50'sinin tarım ilaçlarının ürünler üzerinde kalıntı bıraktığı ve aşırı ilaç kullanımında ise %79,63'ünün çevre ve insan sağlığına zarar vereceği konusunda hem fikir oldukları tespit edilmiştir.

Üreticilerin tarım ilaçlarını karıştırma eğilimleri incelendiğinde; birden fazla zararlıyla mücadele ve ilaçlama maliyetini azaltmak için %83,33'ü birden fazla ilacı karıştırma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Ankete katılan üreticilere bitki koruma probleminin teşhisi konusunda kimden yardım aldıkları sorulduğunda %62,5'den fazlasının uzman kişi/kişilerden yardım aldığını belirtmiştir.

Üreticiler, üretim alanlarında zararlı olarak süne, tarla faresi ve ekin kambur böceğini, hastalık olarak buğday sürme hastalığı, pas hastalıkları ve septorya yaprak lekesi hastalığını, yabancı ot olarak ise yabancı hardal, yabancı yulaf ve yabancı çavdarın karşılıklarına sorun olarak çıktığını belirtmişlerdir.

Üreticilerin ilaç bayilerinden hiç memnun olmadıkları durum olarak %50,93 oranla hastalık, zararlı ve yabancı otlarla ilgili şikâyetlerinde üreticinin arazisine giderek tespit yapmadığı, %46,30'luk en yüksek memnun olma oranının ise üreticinin istediği zaman bayiye ulaşabildiği olarak belirlenmiştir.

TEŞEKKÜRLER

Çalışmada örnekleme yöntemini belirleme konusunda desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Arzu BERBER'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2019 a, Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Çiftçi Kayıt Sistemi Verileri, Kırşehir.
- Anonim, 2019 b, Microsoft® Office 365 Excel Programı.
- Anonim, 2023. TÜİK Tarım Verileri. <https://data.tuik.gov.tr> [Erişim Tarihi: 09.05.2023]
- Arısoy, H., 2011, Türkiye'nin Avrupa Birliği Buğday Ortak Piyasası Düzenine Uyumunun İç Anadolu Bölge Üreticilerine Olası Yansımaları, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Basılmamış Doktora Tezi, Ankara. 212s.
- Boyraz, N., Kaymak, S., Yiğit, F., 2005, Eğirdir İlçesi Elma Üreticilerinin Kimyasal Savaşım Uygulamalarının Genel Değerlendirilmesi, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 19(36), 37-51.
- Çiçek, A., Erkan, O., 1996, Tarım Ekonomisinde Örnekleme ve Araştırma Yöntemleri, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No:12, Tokat.
- Demircan, V., Yılmaz, H., 2005, Isparta ili elma üretiminde tarımsal ilaç kullanımının çevresel duyarlılık ve ekonomik açıdan analizi, *Ekoloji*, 14(57), 15-25.
- Durmuşoğlu, E., Tiryaki O., Canhilal, R., 2010, Türkiye'de pestisit kullanımı, kalıntı ve dayanıklılık sorunları, *Türkiye Ziraat Mühendisliği*, 7, 11-15.
- Erkuş, A., Toros, S., Yalçın, Ö. F., 1992, Sincan ilçesi sebze üreticilerinin zararlı ve hastalıklara karşı ilaç kullanım durumu ve ilaç kullanımının ekonomik analizi üzerine bir araştırma, *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 1, 59-66.
- İnan, H., Boyraz, N., 2002, Konya çiftçisinin tarım ilacı kullanımının genel olarak değerlendirilmesi, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 16(30), 88-101.
- Kadioğlu, İ., 2003, Tokat İlinde Üreticilerin Zirai Mücadele Etkinlikleri Üzerinde Bir Araştırma, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2003(1).

- Kan, M., 2002, Antalya İli Kumluca İlçesinin örtü altı sebze yetiştiriciliğinde tarım ilacı kullanımının da sorunlar ve çözüm önerileri, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Oerke, E. C., 2006, Crop losses to pests, *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31-43.
- Önen, C., Avcı, S., Güneş, G., 2015, Çiftçilerin tarım ilaçlamasında kullandığı koruyucu sağlık önlemleri, *Türkiye Halk Sağlığı Dergisi*, 13(2), 147-154.
- Özbek, F. Ş., Fidan, H., 2015, Konya İlinde Buğday Üretiminde Ürün Kaybına ve/veya Fiyat İndirimine Neden Olan Hastalık ve Zararlıların İncelenmesi, *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 92-97.
- Özercan, B., Taşçı, R., 2022. Türkiye’de Pestisit Kullanımının İller, Bölgeler ve Pestisit Grupları Açısından İncelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (375), 75-88.
- Peker, A. E., 2012, Konya ili domates üretiminde tarımsal ilaç kullanımına yönelik çevresel duyarlılık analizi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 47-54.
- Popp, J., Petó, K., Nagy J., 2013, Pesticide productivity and food security, *A review, Agronomy for sustainable development*, 33(1), 243-255.
- Sahin, G., Uskun, E., Ay, R., Ogut, S., 2010, The Knowledge, Attitude and Behaviour of Employees Agriculture Area about Pesticide, *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 9(6), 633-644.
- Süzer, S., 2006, Buğday Yetiştirme Tekniği, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayını, Kırklareli.
- Uskun E., 2015, Tarım çalışanlarının bitki koruma ürünleri konusunda bilgi ve davranışları, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 72(3), 241-54.
- Yanar, Y., Yanar, D., Erdal, G., Erdal, H., Yurttaş, F., 2017, Manisa İli Bağ Alanlarında Karşılaşılan Bitki Koruma Sorunları ve Üretici Bilinç Düzeyi, *Turkish Journal of Weed Science*, 20(1), 18-26.

BÖLÜM 18

SİİRT YÖRESİ FISTIK YETİŞTİRİCİLİĞİNİN GELİŞİMİNE YÖNELİK PROJEKSİYON

Dr. Tuncer ARSLAN¹
Dr. Öğr. Üyesi Adnan DOĐAN²

¹ Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Van, Türkiye. tuncerarslangul@gmail.com, Orcid ID: 0000-0003-2215-4361

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Van, Türkiye. adnandogan@yyu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-0349-3846

GİRİŞ

Türkiye yer aldığı iklim kuşağı, coğrafik yapısı ve toprak özellikleri ile tarımsal potansiyel açısından oldukça elverişli bir konumdadır. Ülkemiz, yetiştiriciliği yapılan birçok tarımsal ürünlerde olduğu gibi meyvecilikte de birçok bitki için gen merkezleri arasında yer almaktadır. Yetiştiriciliği yapılan meyvelerin bir kısmının yabancı formlarının ülkemiz sınırları içerisinde bulunuyor olması bunun en belirgin göstergelerindendir. Aynı durum yetiştiriciliği yapılan birçok sebze türleri içinde geçerlidir. Ülkemizin mevcut bu durumu, ürün deseni ve verimliliği açısından büyük avantaj sağlamaktadır. İklim bakımından ekstrem özellikler gösteren nadir birkaç lokasyon dışında ülkemizin nerdeyse tamamında ekonomik meyve yetiştiriciliği yapılabilmektedir.

Son yıllardaki verilere göre 238.4 milyon dekar olan Türkiye'nin tarım alanlarının ortalama 36.7 milyon dekarlık kısmında (%15.4) yaklaşık 26.8 milyon tonluk meyve üretilmektedir. Toplam meyve üretim alanı bakımından sert kabuklu meyveler %38'lik payla ilk sırada yer almaktadır. Sonrasındaki sıralama ise zeytinlikler, üzüm-üzümsü meyveler, sert çekirdekli meyveler, yumuşak çekirdekli, turunçgiller ve diğer meyveler şeklinde olduğu görülmektedir. Üretim miktarı açısından ise ilk sırayı %21.5'lük payla üzüm ve üzümsü meyveler olurken sonrasında yumuşak çekirdekli (%20.9), turunçgiller (%17.6), sert çekirdekli (%11.3), zeytinlikler (11.1), çay ve baharatlar (6.1), sert kabuklu meyveler (%6.0) ve diğer meyveler (%5.5) takip etmektedir (Anonim, 2023a).

Ülkemizde yetişen ve ülkemizin gen merkezi olarak kabul edildiği beli başlı meyvelerin başında Antep fıstığı gelmekte olup içerdiği besinsel öğeler bakımından kıymetli, katma değeri yüksek, her daim talep gören bir meyvedir. Sıcak iklimi seven Antep fıstığı, ülkemizin özellikle Güneydoğu Anadolu bölgesinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Antep fıstığı, bölge hatta ülke ekonomisi açısından önemli bir tarımsal ekonomiye sahiptir. Bu anlamda Antep fıstığı ile ilgili yapılacak her türlü plan, proje, teşvik gibi teşebbüsler değerlidir.

Antep fıstığı, sert kabuklu ve dioik bir meyvedir. Etiler döneminde Güney Anadolu'da kültüre alınmış olup, şu anda dünya genelinde 30-45° paralelleri arasındaki uygun iklim alanlarda yetiştirilmektedir. Meyvenin Orta Asya gen merkezi ve Yakın Doğu gen merkezi olmak üzere iki farklı gen merkezi vardır. Yakın Doğu gen merkezi içinde yer alan ülkemizde ve diğer

bazı Ortadoğu ülkelerinde, Antep fıstığı "altın ağaç" veya "yeşil altın" olarak da adlandırılmaktadır (Akboğa ve Pakyürek, 2020).

Antep fıstığı, Sapindales takımı, Anacardiaceae familyası, Pistacia cinsi içinde yer alan bir meyve türüdür. Anavatanı Orta ve Güneybatı Asya'dır ve dünya genelinde en fazla yetiştirilen türüdür. Ağaç veya çok gövdeli ağaççık şeklinde büyür ve taç teşkil eder. Yaprakçıkları tüsüz ve yaprağın ucunda bir yaprakçık bulunur. Meyve şekli çeşitlere göre uzunca ovalimsi veya yuvarlak ovaldir ve dış kabuğu olgunluk döneminde sarı, pembe ve kırmızı tonlarında bir renge dönüşür. Tohumun zar kabuğu kırmızı-kahverengi tonlarında, iç kısmı ise yeşil-sarı arasında değişiklik gösterir (İlikçioğlu, 2022).

Antep fıstığı, dünya genelinde yaygın olarak tüketilen ve birçok kültürde önemli bir yere sahip olan bir meyvedir. Besleyici özellikleri ve lezzetli tadıyla bilinir. Aynı zamanda, Antep fıstığı yağı, kozmetik ve ilaç endüstrisinde de yaygın olarak kullanılır.

Pistacia khinjuk Stocks, *Pistacia mutica*, *Pistacia terebinthus* L., *Pistacia palestina* Boiss., *Pistacia chinensis* Bge., *Pistacia atlantica* Desf., *Pistacia lentiscus* L., *Pistacia weinmannifolia* Poisson, *Pistacia saportae* Burnat, *Pistacia mexicana* HBK ve *Pistacia texana* Swingle türleri de Pistacia cinsi içinde yer alır. Ancak, Antep fıstığı dünya genelinde en yaygın olarak yetiştirilen ve tüketilen türdür.

Antep fıstığı, Türkiye'nin güneydoğusunda yaygın olarak yetiştirilen ve ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan önemli bir bitki türüdür. Bu bölgede yetiştiriciliği önemlidir çünkü hem toprağın ve iklimin uygunluğu hem de bölgedeki insanların geçim kaynağı olması açısından büyük önem taşımaktadır.

Ekonomik açıdan, Antep fıstığı yetiştiriciliği Türkiye'nin ihracatında önemli bir paya sahiptir. Ürünün dünya genelinde talep görmesi, Türkiye'nin ekonomik kalkınmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, Antep fıstığı yetiştiriciliği bölgedeki çiftçiler için önemli bir geçim kaynağıdır ve istihdam yaratmaktadır.

Sosyal açıdan, Antep fıstığı yetiştiriciliği bölge halkının sosyo-ekonomik düzeyini yükseltmektedir. Ayrıca, üretim sürecinde çalışan insanlar arasında dayanışma ve iş birliği kültürü gelişmektedir. Bu da toplumsal refaha katkı sağlamaktadır.

Kültürel açıdan, Antep fıstığı bölge kültüründe önemli bir yere sahiptir. Hem lezzeti hem de yöresel tatları ile bölge mutfağının vazgeçilmezleri

arasında yer almaktadır. Ayrıca, üretim sürecinde kullanılan yöresel aletler, ekipmanlar ve teknikler de bölge kültürünü yansıtmaktadır.

Türkiye, Antep fıstığı (*Pistacia vera* L.) üretimi bakımından İran ve Amerika'dan sonra dünyada üçüncü sırada yer almaktadır. Üretim miktarının %90 civarı Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden sağlanmaktadır. Fıstık, bölge ekonomisi için büyük bir öneme sahiptir. Bölgede fıstık üretimi yoğun olarak Şanlıurfa, Gaziantep, Adıyaman ve Siirt illerinde gerçekleştirilmektedir. Siirt ilinde kendi ismiyle anılan Siirt fıstığının son yıllarda artan fiyatlara paralel olarak üretim alanlarında ve üretim miktarlarında büyük artışlar meydana gelmiştir. 2002 yılında 45.000 dekarlık alanda üretim yapılırken, 2018 yılında yaklaşık 7 kat artarak 300.000 dekara ve 2021 yılında ise üretim 334.950 dekarlık alana yükselmiştir (Pekikan ve Esgici, 2022).

Antep fıstığı Türkiye'nin önde gelen tarım ürünlerinden biridir ve ülkenin ihracatında önemli bir yer tutmaktadır. 2021 yılı verilerine göre, Türkiye'nin fıstık ihracatı toplam 2 milyar doları aşmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) verilerine göre, 2021 yılında Antepfıstığı ihracatı bir önceki yıla göre %22,6 artarak 1,8 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Bu rakamın yaklaşık %85'ini oluşturan 1,5 milyar dolarlık kısmı, kabuklu veya kabuksuz kavrulmuş Antep fıstığının ihracatıdır. Kalan %15'lik kısım ise Antep fıstığı yağı ve diğer fıstık türlerinin ihracatından oluşmaktadır. Antep fıstığı ihracatı, Türkiye'nin tarım ihracatında önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2021 yılı verilerine göre, Türkiye'nin tarım ürünleri ihracatı toplam 21,7 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir ve Antepfıstığı ihracatı bu rakamın yaklaşık %8,5'ini oluşturmuştur (Anonim, 2023a).

Türkiye'de yetiştirilen 14 çeşit Antep fıstığı bulunmaktadır ancak sadece Uzun, Kırmızı, Siirt, Halebi ve Ohadi çeşitleri ekonomik olarak yaygın şekilde yetiştirilmektedir. Uzun, Kırmızı ve Halebi çeşitleri genellikle sanayide ham madde olarak kullanılırken, Siirt ilinde yetiştirilen Siirt çeşidi iri taneli ve yüksek çatlak oranına sahip olması nedeniyle kuruyemiş olarak tüketilmektedir. Ayrıca Siirt fıstığı lezzetli ve besin açısından zengin olduğu gibi dolgun ve iri taneli olması nedeniyle de popülerdir (Sırrı, 2019).

Antep fıstığının en önemli çeşitlerinden biri olan Siirt fıstığı, yetiştiği yörede birçok fıstık üreticisi tarafından ana uğraş konumunda olup popülaritesi ve önemi giderek artan bir üründür. Son zamanlarla bu meyveye olan talep artışına paralel olarak üretim alanı da artmaktadır. Siirt fıstığı albenisi olan,

meyve boyutu büyük, çatlak oranı yüksek, lezzetli, besin değeri fazla, mutlak periyodisite gösteren çeşitlerin aksine kısmı periyodisite gösteren bir çeşittir. Göstermiş olduğu bu özellikler nedeni ile Siirt fıstığına olan talebi artırmaktadır. Yağışın az olduğu yerlere uyum kabiliyeti ve düşük kalitedeki topraklara olan toleransı bu meyveye olan talebi artıran diğer sebeplerdendir. Bu değerli meyve tarımsal gıda sanayisinin birçok alanının dışında ağacı kerestecilikte, kabukları da kozmetik sanayisinde kullanılabilir.

Yeşil ya da taze antepfıstığı kabuğu biyoaktif bileşik kaynağı olarak kullanılabilir. Tarım endüstrisi, antioksidanlar için önemli bir kaynaktır. Antioksidanlar, tarımsal sanayi atıklarından ya da gıda malzemelerinin işlenmesi sırasında yan ürün olarak elde edilebilirler. Bu gıda işleme yan ürünleri, tarımsal sanayi atıkları ve atık suları genellikle belirli organik bileşiklerle birlikte yüksek miktarda protein, şeker ve lipitler içerir. Bu nedenle, bu ucuz ve bol miktarda bulunan atıklar kimyasalların ve ikincil metabolitlerin kaynağı olarak kullanılabilir. Atıklar, değerli doğal antioksidanlar, antimikrobiyal ajanlar, vitaminler ve diğer makro moleküller içerebilir. Bu atıklar fiziksel ve biyolojik işlemlere tabi tutularak, özel geri kazanım prosedürleri ile işlenerek elde edilebilirler (Barut ve ark., 2021).

SİİRT İLİNİN TARIMSAL AÇIDAN KONUMU

Siirt, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 37°-55' kuzey enlemi ve 41°-57' doğu boylamı üzerinde konumlanmıştır. İl toprakları büyük oranda dağlarla kaplıdır. Kuzeyde Muş Güneyi Dağları ve doğuda Siirt Doğusu Dağları, Siirt'in doğal sınırlarını oluşturan sıra dağlardır. Yazlıca (2838 m), Meydanı Süleyman Tepesi (2444 m), Doğruyol (2741 m), Kapılı (2631 m), Koran (2350), Yassı (2280) ve Şeyh Ömer (1409 m) dağları yükseklikleri en fazla olan yerlerdir. Siirt'in kuzeyi ve doğusu yüksek ve sarp kesimlerdir. Güneydoğu Toroslar adıyla anılan bu dağ sırası, doğudan güneydoğuya genişçe bir yay çizerek Hakkari Dağları'yla birleşmektedir (Anonim, 2023b).

Siirt, dağlık bir coğrafyaya sahip olmasına rağmen yarı ova niteliğindedir. Üst-miyosen döneminde Doğu Anadolu'nun yükselmesiyle birlikte Siirt de blok halinde yükselerek Güneydoğu Toroslarını oluşturmuştur. Bu yükselme sırasında akarsuların aşındırması sonucu batı, güneybatı ve güney yönlerinde uzanan vadiler oluşmuştur. Yöre, yüksek dağlar ve platolardan oluşan yeryüzü şekillerine sahiptir. Bu platolar, Botan Suyu ve kolları

tarafından yarılan vadilere bakan yamaçlarda yer almaktadır. Pervari de Cemikarı, Ceman, Herekul Yaylaları ve Şirvan'da Bacavan Yaylası, yöredeki en önemli yaylalardandır. Bu yaylalar yaz ve kış boyunca bol yağış alır ve zengin çayırlara ev sahipliği yapar. Yöre halkı ve göçerler, sürülerini bu yaylalarda otlatır. İl platoları, genel olarak 1.200 m ile 2.000 m arasındadır ve hayvancılık açısından önemlidir. Botan ve Behrancı vadileri, yöredeki en önemli vadiler arasındadır. Uluçay (Botan), Başur, Kezer ve Zorava ise yöredeki en önemli akarsuları oluştururlar (Anonim, 2023b).

Siirt ilindeki iklim, kışın soğuk ve yağışlı, yazın ise sıcak ve kurak geçmektedir. Yağış miktarı il genelinde farklılık gösterir ve en az yağış Kurtalan'da, en fazla yağış ise Baykan'da kaydedilir (Anonim, 2023b).

GAP projesinin hayata geçmesiyle birlikte ilkbahar aylarında yağışların arttığı ve nem oranının %40'ın altına düşmediği gözlemlenmiştir. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı oldukça fazladır. Siirt ilinin topraklarına bakıldığında, %65'inin kahverengi orman toprağı olduğu görülmektedir. Arazi kullanım haritasına göre, ilin %44'ü fundalık, %31'i ise meralık arazilerden oluşmaktadır. Erozyon haritası incelendiğinde, Siirt ilinin yaklaşık %90'ında orta, şiddetli ve çok şiddetli erozyonun olduğu tespit edilmiştir. İşlemeli tarıma uygun arazilerin alanı oldukça sınırlıdır ve toplam alanın sadece %9'u I., II. ve III. sınıf kabiliyete sahip alanlardan oluşmaktadır. Toprak derinliği haritası incelendiğinde ise %85 oranında sahanın çok sığ ve sığ topraklardan oluştuğu görülmektedir. Derin ve çok derin topraklar ise batıda ovalık arazilerde ve vadilerde küçük alanlarda yer almaktadır (Özyazıcı ve ark., 2014).

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP), Türkiye'nin güneydoğusunda yer alan 9 ilde (Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Mardin, Siirt, Şanlıurfa, Şırnak ve Kilis) sulama, tarım ve enerji üretimi gibi birçok sektörü kapsayan bir kalkınma projesidir. Siirt ilinde de önemli bir etkisi olmuştur ve özellikle sert kabuklu meyvelerden olan antepfıstığı üretimine olumlu katkılar sağlamıştır.

GAP projesi kapsamında Siirt'in sulanabilir arazilerinin sulanabilirlik oranı artmıştır. 2000 yılı öncesinde Siirt'te sadece 12.840 hektar arazi sulanabiliyorken, GAP projesi sayesinde sulanabilir alan 55.000 hektara yükseltilmiştir (Anonim, 2023c). Bu sayede, Siirt'te antepfıstığı gibi sert kabuklu meyveler de dahil olmak üzere birçok tarım ürünü daha fazla sulama imkânı bulmuştur. Ayrıca, GAP projesi ile inşa edilen barajlar ve sulama

kanalları sayesinde su kaynakları daha verimli kullanılmakta ve bu da üretim artışına olumlu katkı sağlamaktadır.

GAP'ın Siirt ilindeki antepfıstığı üretimine etkileri incelendiğinde, özellikle sulama faaliyetleri sayesinde üretimde ciddi artışlar yaşandığı görülmektedir. GAP projesi kapsamında inşa edilen barajlar ve sulama kanalları, antepfıstığı yetiştiriciliği için gerekli olan suyu sağlamaktadır. Bu sayede, özellikle kuraklık dönemlerinde bile üretim yapılabilmekte ve verimlilik artmaktadır.

Siirt ilinde Antep fıstığı üretimi, GAP projesi öncesi oldukça sınırlı düzeydeydi. Ancak proje sayesinde sulama imkanlarının artması, üreticilerin antepfıstığı yetiştiriciliği konusunda daha fazla ilgi göstermesine ve üretim alanlarının genişlemesine yol açtı. Bu da üretim miktarının artmasına ve bölgenin ekonomisine olumlu katkılar sağlamasına neden oldu.

Özellikle son yıllarda, Siirt ilinde Antep fıstığı üretimi oldukça önemli bir sektör haline gelmiştir. Siirt'te 2019 yılında toplam 18.451 ton antepfıstığı üretilirken, bu rakamın GAP projesi öncesinde çok daha düşük seviyelerde olduğu bilinmektedir. Ayrıca, GAP projesi ile birlikte antepfıstığı kalitesi de artmış ve daha verimli üretim yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır.

Siirt, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan bir ilimizdir ve toplam nüfusu 331.070 kişidir. Nüfusun %72,4'ü şehirlerde yaşamaktadır ve ilin yüzölçümü 5.718 km²'dir. Buna göre, ilde km² başına düşen kişi sayısı 58'dir, ancak merkez ilçede bu sayı 268'dir. İldeki yıllık nüfus artış oranı %0.24'tür ve il merkezi deniz seviyesinden 887 metre yüksektedir. İl, 7 ilçe, 12 belediye, 63 mahalle ve 274 köyden oluşmaktadır (Anonim, 2023d).

SIİRT İLİNDE MEYVE ÜRETİMİNİN GENEL DURUMU

Siirt ili meyvecilik bakımından incelendiğinde, üzüm, nar ve ceviz varlığı da dikkat çekse de fıstık baskın hâkim meyve pozisyonundadır. 2022 verilerine göre il genelinde meyve üretim alanı bakımında sırayla fıstık, üzüm, nar, ceviz, elma, badem, Trabzon hurması, kayısı, böğürtlen ve erik şeklinde sıralanmakta olduğu görülüyor. Zikredilen bu meyveler Siirt ilinde potansiyele sahip olup, daha üst seviyelere çıkarma durumları bulunmaktadır. Bu meyvelere ait mevcut tarımsal durumları Tablo 1’de verilmiştir.

Antep fıstığının en çok bilinen ve tutulan çeşitlerden biri olan Siirt fıstığı, ilde en çok yetiştirilen meyvedir. Son verilere göre, 30611 tonluk bir üretimle, 353820 dönüm arazi kaplamaktadır. Üzüm, nar, ceviz, elma, badem, Trabzon hurması, kayısı, böğürtlen ve erik gibi diğer meyve türlerinin de üretildiği görülmektedir.

Tablodaki verilere bakıldığında, fıstık üretiminin diğer meyve türlerine göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu, fıstık ağaçlarının geniş bir alanda yetiştirildiğini ve yüksek verimli olduğunu göstermektedir. Üzüm, nar ve ceviz üretiminde de dikkate değer miktarlarda üretim yapılmaktadır.

Fıstık dışında yetiştirilen başlıca meyvelerin durumları; Üzüm 21455 da alanda 30611 ton, Nar 10054 da alanda 6143 ton, ceviz 4850 da alanda 1095 ton, badem 1387 da alanda 347 ton olarak göze çarpmaktadır. İlde ayrıca böğürtlen ve cennet hurması meyvelerinin tarımsal durumları da dikkate değerdir.

Tablo 1. Siirt İli 2022 verilerine göre en çok yetiştirilen ilk 10 meyvenin tarımsal açıdan mevcut durumu (Anonim, 2023a)

Meyve Türü	Kapladığı Alan (da)	Meyve Veren Ağaç Sayısı	Meyve Vermeyen Ağaç Sayısı	Ağaç Verim Ortalaması (kg)	Üretim (ton)
Fıstık	353820	7285643	3338613	4	30611
Üzüm	21455	-	-	588 (da)	12624
Nar	10054	192793	36315	32	6143
Ceviz	4850	66196	20277	17	1095
Elma	2187	14222	4146	17	237
Badem	1387	36455	24310	10	347
Trabzon Hurması	367	3500	9436	38	132
Kayısı	175	7411	235	12	91
Böğürtlen	143	-	-	1371 (da)	196
Erik	94	5816	1033	12	71

SIİRT İLİNDE FISTIK MEYVESİ ÜRETİM DURUMU

Antep fıstığının en önemli çeşitlerinden biri olan Siirt Fıstığı, Siirt ilinin şüphesiz hâkim meyvesidir. 2022 verilerine göre il genelinde 353820 da alanda, meyve veren yaşta toplam 7285643 adet fıstık ağacı bulunmakta ve 30611 ton fıstık üretimi yapılmaktadır. Ağaç başına düşen verim incelendiğinde verimin biraz düşük olduğu görülmektedir. Bunun ana sebepleri fıstıkta genel bir durum olan ağacın geç meyveye yatması ve periyodisitedir.

Siirt ilinde fıstık yetiştiriciliğinin son 10 yıldaki durumu Tablo 2’de verilmiştir. Kapladığı alanın itibariyle bakıldığında her yıl artan bir eğilimle fıstık alanlarının genişlediği görülmektedir. 2013 yılında 189575 dekar alanda fıstık yetiştirilirken, 2022 yılında bu alan 353820 dekara yükselmiştir. Meyve veren ağaç sayısı da genellikle artmıştır, ancak bazı yıllarda düşüş göstermiştir. 2013 yılında 2891600 ağaç meyve verirken, 2022 yılında 7285643 ağaç meyve vermiştir.

Meyve vermeyen ağaç sayısı her yıl azalmıştır, ancak hala önemli bir sayıdadır. Örneğin, 2013 yılında 1344000 ağaç meyve vermezken, 2022 yılında bile hala 3338613 ağaç meyve vermemiştir. Bu, verimliliğin artırılması için fıstık üreticilerinin meyve vermeyen ağaçların bakımına daha fazla önem vermesi gerektiğini göstermektedir.

Tablo 2. Siirt İlinde fıstık meyvesinin son 10 yıldaki tarımsal durumu (Anonim, 2023a)

Yıllar	Kapladığı Alan (Dekar)	Meyve Veren Ağaç Sayısı	Meyve Vermeyen Ağaç Sayısı	Üretim (ton)
2013	189575	2891600	1344000	18831
2014	190663	2942800	1344000	15228
2015	190663	2742800	1219000	11221
2016	198950	2809000	1163500	6713
2017	188073	2708000	1059652	7944
2018	282071	5318953	2491642	11301
2019	285206	4999014	2345770	12208
2020	320600	7061748	2630414	25624
2021	334920	7261423	2895533	26371
2022	353820	7285643	3338613	30611

Yıllar	Meyve Veren Ağaç Artışı (%)	Meyve Vermeyen Ağaç Azalışı (%)	Üretim Artışı (%)
2013	-	-	-
2014	1.77	0.00	-19.23
2015	-6.80	-9.22	-26.38

2016	2.41	-4.50	-40.15
2017	-3.59	-9.10	18.33
2018	96.06	133.61	42.23
2019	-6.00	-6.23	7.99
2020	41.45	12.17	109.71
2021	2.82	10.19	2.93
2022	0.33	15.22	16.04

Üretim miktarı yıllar arasında değişmekle birlikte genellikle artmıştır. 2013 yılında 18831 ton olan üretim miktarı, 2022 yılında 30611 tona yükselmiştir. Bu artışın bir nedeni, kapladığı alan ve meyve veren ağaç sayısındaki artışlardan kaynaklanmış olabilir, ancak meyve verimindeki artış da önemli bir faktördür.

Meyve vermeyen ağaçların verime geçtiğinde verimde ne kadar bir artış olabileceğini hesaplayabiliriz. Bunun için, meyve vermeyen ağaç sayısı ile ağaç verim ortalamasını çarparak ek verim miktarını bulabiliriz.

2022 yılında Siirt ilinde Antep fıstığı üretimi 30611 ton olarak gerçekleşti. Ancak meyve vermeyen ağaçların verime geçmesi ile potansiyel bir artış meydana gelebilir. Tabloda meyve vermeyen ağaç sayısı 3338613 olarak verilmiştir. Bu ağaçların tamamı verimli hale geçse, ek üretim miktarı şu şekilde hesaplanabilir:

Bir ağacın ortalama verimi: 4 kg

Toplam ek üretim miktarı: $3338613 \times 4 \text{ kg} = 13354452 \text{ kg} = 13.354,45 \text{ ton}$ (yaklaşık)

Bu hesaplama göre, meyve vermeyen ağaçların tamamı verime geçtiğinde, Siirt ilindeki antepfıstığı üretimi yaklaşık 13.354 ton artabilir.

Siirt ilindeki mevcut fıstık varlığı ve potansiyeli, değerlendirildiğinde ilin ekonomi, sosyal ve turizm gibi yönden de olumlu etkileri olacağı açıktır. Fıstık yetiştiriciliğinde 3338613 meyve vermeyen ağacın ekonomiye kazandırılmasıyla, mevcut ağaç başına verim hesaplandığında 13354 ton üretim artacak ve mevcut üretim 30611 tondan 43965 tona yükselecektir. Bu sayede Siirt ili bölgede fıstık yetiştiriciliği bakımından daha etkili bir konuma gelecektir.

Tablo 2 incelendiğinde Siirt ilinde Antep fıstığının kapladığı alan, her yıl artarak devam etmektedir. Bu, üreticilerin üretimi artırmak için daha fazla alana ihtiyaç duyduklarını göstermektedir. Meyve veren ağaç sayısı da yıllar arasında

artmakta veya azalmaktadır. Bazı yıllarda artış oranları oldukça yüksekken, bazı yıllarda azalışlar meydana gelmiştir. Meyve veren ağaçların artışı, daha fazla ürün alınabileceği anlamına gelmektedir. Meyve vermeyen ağaç sayısı ise azalmaktadır. Bu, daha önce meyve vermeyen ağaçların verime katıldığını göstermektedir. Üretim artışı her yıl değişkenlik göstermiştir. Ancak, genel olarak bir artış trendi söz konusudur. Bu, antepfıstığı üretiminde olumlu bir gelişme olduğunu göstermektedir. Yüzdeler artışı ve azalışlar da önemli birer göstere olup, üretimdeki gelişmeleri daha iyi anlamamıza yardımcı olmaktadır. Verim artışı yıllara göre değişirken, meyve vermeyen ağaç sayısındaki azalış oranı oldukça yüksektir. Bunun yanı sıra, üretim artışı en yüksek olan yılların aynı zamanda meyve veren ağaç artışının da yüksek olduğu yıllar olduğu görülmektedir.

Antepfıstığı yetiştiriciliği konusunda çeşitli kaynaklar farklı bilgiler verse de genellikle fidan dikiminden itibaren 5-7 yıl sonra ağaçlar optimum verim verir. Ancak tam verimine ulaşması için 10-12 yıla kadar sürebilir. Tablo bu yönüyle kritiğe tabi tutulduğunda 2008-2010 yıllarında yapılan çalışmaların ve fıstık üzerine gerçekleştirilen projelerin Siirt ili fıstık üretimini önemli bir ivme kazandırdığı söylenebilir. Fıstık yetiştiriciliği ve buna dayalı olarak geliştirilen projelerin ilde fıstık hakkında ciddi bir farkındalık oluşturarak yetiştiriciliği özendirdiği görülmektedir.

Siirt fıstığı yurt genelinde olduğu gibi ihracatta da büyük talep gören bir meyvedir. Fıstık pazar sıkıntısı olmayan meyvelerin başında gelir. Üretim fazlası yurt içi ve yurt dışı pazarına sunularak ilin tarımsal yönden ekonomisine katkı sağlanmaktadır. Siirt fıstığı, çerezlik olarak aranan ve tercih edilen çeşitlerin başında gelir. Başta baklavalar olmak üzere, tatlılar, çeşitli bisküviler, çikolatalar, helvalar olmak üzere birçok gıda sanayinde hem ana hammadde hem de tamamlayıcı madde olarak kullanılmaktadır. Çalışmamız; fıstık potansiyeli hakkında farkındalığın oluşturulması, var olan fıstık potansiyelinin değerlendirilmesi, fıstık kültürünün geliştirilmesi ve gelecekte yapılabilecek faaliyetlerinin planlanarak yönlendirilmesi açısından önem arz etmektedir.

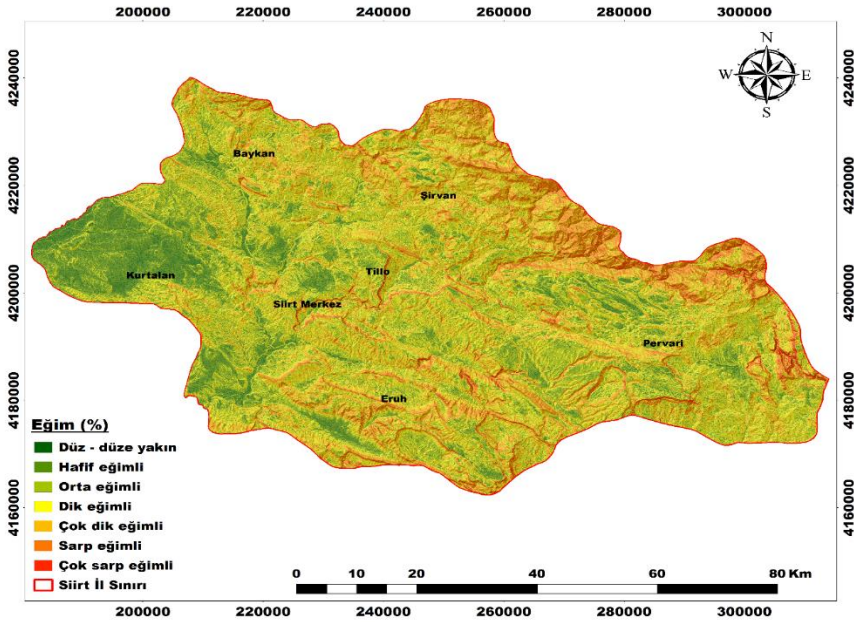
İlçeler bazında fıstık üretiminin son 10 yıldaki tarımsal durumu Tablo 3'de sunulmuştur. Tablodaki verilere göre, fıstık üretimi ve üretim alanı Siirt ilinde yıllar içinde farklı ilerlemeler göstermiştir. Merkez ilçesi üretim miktarı ve kapladığı alan bakımından diğer ilçelere göre önde gelmektedir. Baykan ve Eruh ilçelerinde üretim miktarı 2014 yılında artmış ancak sonraki yıllarda azalmıştır. Kurtalan ilçesi ise 2020 yılına kadar düşük bir üretim miktarına

sahipti, ancak son iki yılda üretim miktarı artmıştır. Kurtalan arazi yapısı itibarıyla genelde düze yakım ve hafif eğimli arazi yapısına sahip olup fıstık üretimi için ciddi anlamda potansiyel teşkil etmektedir (Şekil 2). Pervari ilçesi üretim miktarı açısından 2018 yılına kadar diğer ilçelere göre daha yüksekti, ancak son iki yılda üretim miktarı azalmıştır. Tillo ve Şirvan ilçelerinde üretim miktarı diğer ilçelere göre düşüktür. 2022 yılında en yüksek üretim miktarı Baykan ilçesinde kaydedilirken, en yüksek üretim alanı Erüh ilçesine aittir. Siirt ilindeki fıstık üretiminde genel olarak son yıllarda bir artış eğilimi görülmektedir.

Tablo 3. Siirt ili ilçeler genelinde fıstık meyvesinin son 10 yıldaki tarımsal durumu (Anonim, 2023a)

Yıllar/ilçeler	Merkez	Baykan	Erüh	Kurtalan	Pervari	Tillo	Şirvan	
2013	<i>Kapladığı Alan (Da)</i>	82146	12097	35987	30241	5647	12097	11360
	Üretim Miktarı (Ton)	4362	1745	9072	83	775	1196	1598
2014	<i>Kapladığı Alan (Da)</i>	82146	13500	35987	30000	5670	12000	11360
	Üretim Miktarı (Ton)	2943	2057	6558	83	784	1200	1603
2015	<i>Kapladığı Alan (Da)</i>	82146	13500	35987	30000	5670	12000	11360
	Üretim Miktarı (Ton)	3150	1851	3276	75	706	720	1443
2016	<i>Kapladığı Alan (Da)</i>	83250	13500	39000	33000	6000	12500	11700
	Üretim Miktarı (Ton)	2103	956	2342	38	239	478	557
2017	<i>Kapladığı Alan (Da)</i>	818483	13214	31321	32495	5873	12235	11452
	Üretim Miktarı (Ton)	2787	1173	2373	47	293	587	684
2018	<i>Kapladığı Alan (Da)</i>	75047	17011	55034	50031	32415	25016	27517
	Üretim Miktarı (Ton)	3520	680	1346	104	1755	2500	1396
2019	<i>Kapladığı Alan (Da)</i>	78047	17011	55034	50031	32415	25151	27517
	Üretim Miktarı (Ton)	4205	1	1343	170	2602	2494	1393
2020	<i>Kapladığı Alan (Da)</i>	83000	22000	59000	62500	33500	29100	31500
	Üretim Miktarı (Ton)	6712	1492	5504	2454	3617	2972	2873

2021	Kapladığı Alan (Da)	90000	22000	60500	66220	33500	29100	33600
	Üretim Miktarı (Ton)	7825	1489	4759	2860	3552	2852	3034
2022	Kapladığı Alan (Da)	91200	24500	65050	72220	33500	31600	35750
	Üretim Miktarı (Ton)	8619	2109	6300	3422	3947	2747	3467



Şekil 2. Siirt ilçelerinin eğim haritası.

Tablodaki verilere göre Siirt ilinde fıstık yetiştiriciliği için belirtilen ilçelerin kapladığı alan ve üretim miktarları yıllara göre değişmektedir. İlk yıl olarak tabloda yer alan 2013 yılı ile son yıl olan 2022 yılı arasındaki yüzdesel artış oranları aşağıdaki gibidir:

- ✓ Merkez ilçesi fıstık üretim alanı %11.4 artış göstermiştir.
- ✓ Baykan ilçesi fıstık üretim alanı %102.5 artış göstermiştir.
- ✓ Eruh ilçesi fıstık üretim alanı %80.7 artış göstermiştir.
- ✓ Kurtalan ilçesi fıstık üretim alanı %106.7 artış göstermiştir.
- ✓ Pervari ilçesi fıstık üretim alanı %495.5 artış göstermiştir.
- ✓ Tillo ilçesi fıstık üretim alanı %160.8 artış göstermiştir.
- ✓ Şirvan ilçesi fıstık üretim alanı %214.6 artış göstermiştir.

Üretim miktarlarına bakıldığında ise, ilk yıl ile son yıl arasındaki değişim oranları şöyledir:

- ✓ Merkez ilçesi fıstık üretim miktarı %97.9 artış göstermiştir.
- ✓ Baykan ilçesi fıstık üretim miktarı %21.0 artış göstermiştir.
- ✓ Eruh ilçesi fıstık üretim miktarı %30.1 azalış göstermiştir.
- ✓ Kurtalan ilçesi fıstık üretim miktarı %4065.1 artış göstermiştir.
- ✓ Pervari ilçesi fıstık üretim miktarı %235.9 artış göstermiştir.
- ✓ Tillo ilçesi fıstık üretim miktarı %129.5 artış göstermiştir.
- ✓ Şirvan ilçesi fıstık üretim miktarı %129.1 artış göstermiştir.

2013-2022 arasında ilçelere göre fıstık üretimindeki yüzdesel artış oranları şöyle:

- ✓ Merkez: %7.5
- ✓ Baykan: %12.8
- ✓ Eruh: %30.5
- ✓ Kurtalan: %405.8
- ✓ Pervari: %353.7
- ✓ Tillo: %22.7
- ✓ Şirvan: %204.2

İncelediğimiz 10 yıllık periyot içerisinde ilçelerden en yüksek artış Kurtalan ilçesinde gerçekleşmiş olup bu ilçeyi Pervari ve Şirvan ilçeleri takip etmiştir. Bu ilçelerdeki Antepfıstığı üretimindeki yükseliş trendinin düşük olan üretimin fıstığın getirisinin yüksekliği nedeniyle il genelinde bir farkındalık oluşturduğu ve fıstık üretimini teşvik ettiği görülmektedir.

Üretim miktarları 2013-2022 arasında şu şekilde değişiklik olmuştur:

- ✓ Merkez: 4362 → 8619 ton
- ✓ Baykan: 1745 → 2109 ton
- ✓ Eruh: 9072 → 6300 ton
- ✓ Kurtalan: 83 → 3422 ton
- ✓ Pervari: 775 → 3947 ton
- ✓ Tillo: 1196 → 2747 ton
- ✓ Şirvan: 1598 → 3467 ton

YETİŞTİRİCİLİKTE DİKKAT GEREKTİREN HUSUSLAR

Fıstık bahçesi kurulurken, çeşit seçimi, dikim aralıkları, sulama, gübreleme, budama, zararlılarla mücadele ve hasat yöntemleri gibi birçok

hususla dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu faktörler, bahçenin verimliliği, kalitesi ve sürekliliği açısından büyük önem taşımaktadır.

1. Dikim

Fıstık kuraklığa toleranslı olması, yağışın az olduğu marjinal alanlarda bile yetiştirilebilir olması anlamına gelir. Ancak, fıstık yetiştiriciliği için tamamen kuru ve susuz koşullar gerekmez. Yetiştiricilik sürecinde sulama suyuna ihtiyaç duyulduğu gibi, fıstık çeşitleri de sulamaya ihtiyaç duymaktadır. Örneğin Uzun, Siirt, Kırmızı, Halebi gibi çeşitlerin sulamaya ihtiyaç duydukları bilinmektedir (Aydın ve Saltuk, 2018). Çeşit seçimi, bahçenin kurulacağı bölgenin iklim koşulları, toprak özellikleri, hastalık ve zararlılar gibi faktörlere göre yapılmalıdır. Fıstık tarımında, bölgenin iklim koşullarına uyum sağlayabilen ve verimli olan çeşitler olmalıdır. Ayrıca, tozlayıcı çeşitlerin de bahçedeki ana çeşit ile aynı zamanda çiçeklenmesi gerekmektedir.

Dikim aralıkları, toprak yapısı, iklim koşulları ve sulama yöntemlerine göre değişebilir. Fakat genel olarak sıra arası 5-6 metre, sıra üzeri 3-4 metre olacak şekilde dikim yapılması önerilmektedir. Bahçe tesisinde doğrudan tohum ekiminde, parsellerde ağaç yerleri işaretlendikten sonra açılan çukurlara en az üçer tohumu sonbaharda ekilir. Ertesi yıl en iyi gelişenler bırakılarak diğerleri kesilir. Kıraç ve kurak şartlara dayanıklı olan bu çöğürlerin gelişim durumlarına göre 4. yıldan sonra aşılama yapılır. Dikimde kullanılan fidanların kök boğazı, toprak yüzeyine yakın bir seviyede olacak şekilde dikilmelidir. Ayrıca, dikim işlemi bahar veya sonbahar aylarında gerçekleştirilmelidir. Tüplü fidan ile bahçe tesisi ise genelde sonbahar dikimi tavsiye edilirken aşılı fidanların ilk dikim dönemlerinde düzenli sulanmaları önemlidir. 40-50 cm genişliğinde ve 60-80 cm derinliğinde açılmış olan çukurlara dikim yapılır. Aşılı bitkiler çeşide bağlı olarak 4-5 yılda verime yatabilmekte ve böylece daha erken verim alınabilmektedir. Dikim normları, arazi yapısı, sulama gibi durumlara bağlı olarak değişkenlik gösterirse de ortalama sıra arası 5-6 metre, sıra üzeri ise 3-4 metre bırakılarak dikim yapılır. Dikim ortalama 10 ağaca 1 adet tozlayıcı ağaç düşecek şekilde yapılır. Fıstık, erkek ve dişi çiçekleri ayrı ağaçlarda olan ve rüzgarla tozlanan bir meyve türüdür. Tozlayıcı çeşitler yetiştirilen çeşitle aynı zamanda çiçeklenmelidir. En çok kullanılan tozlayıcılar; Uygur erkeği (Halebi ve Uzun'un tozlayıcısı), Atlı erkeği (Siirt ve Kırmızı'nın

tozlayıcıları), Kaşka erkeği (Ohadi ve Sel.1'in tozlayıcısı) şeklindedir (Anonim 2023c).

2. Bakım

Siirt fıstığı, genellikle tarım yapılamayan alanlarda yetiştirilse de aslında derin, kumlu-tınlı ve kısmen kireçli toprakları tercih etmektedir. Meyvelerinin gelişebilmesi ve olgunlaşması için uzun, sıcak ve kurak yazlar ile nispeten soğuk kışlar gereklidir (Sırrı, 2019). Fıstık toprak isteği olarak çok seçici değildir ve kurak hava koşullarına dayanıklıdır. Bu nedenle, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin sulanmayan dağlık, kayalık ve kireçli arazilerinde bile yaygın olarak yetiştirilir. Ayrıca, bölgede bulunan Menengiç (*P. terebinthus* L.) ve Buttum (*P. khinjuk* Stocks.) gibi anaçların kendiliğinden var olması, Antep fıstığı yetiştiriciliğini daha cazip hale getirmektedir (Özbek, 1978; Tekin ve ark., 2001; Dilmen ve ark., 2020). Ancak, tarım faaliyetinin her aşamasında sulama suyuna ihtiyaç duyulduğunu ve fıstık çeşitlerinin (Uzun, Siirt, Kırmızı, Halebi, vb.) sulama gerektirdiğini unutmamak gerekir (Aydın ve Saltuk, 2018). Antep fıstığı, kurak koşullara toleranslı bir bitki olması nedeniyle, yıllık yağışın sadece 150 mm olduğu marjinal alanlarda bile yetiştirilebilir. Ancak, bu bitkinin tamamen kuru ve susuz koşullarda yetiştirilmesi gerektiği anlamına gelmez. Sulama, fıstık yetiştiriciliğinde oldukça önemlidir ve yetiştirme sürecinde sulama suyuna ihtiyaç duyulabileceği gibi, bazı fıstık çeşitleri de sulamaya gereksinim duyabilir. Toprak yapısı ve iklim koşullarına göre sulama yöntemleri farklılık gösterebilir. Ancak genel olarak, sulama işlemi, fıstık ağaçlarının en aktif büyüme dönemi olan Mayıs ayından itibaren başlatılmalıdır. Sulama işlemi, ağaçların ihtiyacı olan su miktarını karşılayacak şekilde yapılmalıdır. Fıstık, kurak şartlara toleranslı bir bitki olsa da verimli bir hasat için sulama işlemi oldukça önemlidir. Özellikle Uzun, Siirt, Kırmızı, Halebi gibi bazı Antepfıstığı çeşitleri, yetiştirme sürecinde sulama gerektirebilir. Aydın ve Saltuk (2018) tarafından yapılan çalışmalar da bu çeşitlerin sulama ihtiyaçlarına işaret etmektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, iklim koşulları ve toprak yapısı açısından fıstık yetiştiriciliği için uygun bir bölgedir ve ekonomik olarak diğer kültür bitkilerine göre avantajlıdır. Ancak, son yıllarda fıstık bahçelerinin artması tarımsal sorunların da artmasına neden olmuştur. Bunlar arasında üretim maliyetlerindeki artış, pazarlama sorunları ve bitki koruma etmenleri yer

almaktadır. Özellikle kuru tarım alanlarında yetiştirilen fıstıklar, su ve besin maddeleri için rekabete giren yabancı otların varlığına maruz kalır. Bu yabancı otlar, fidanların gelişimini aksatarak ağaçların hastalık ve zararlılara karşı direncini azaltabilir ve meyvelerin iç doldurma döneminde rekabete girerek verim ve kalitede önemli düşüslere yol açabilir. Bu nedenle, fıstık bahçelerinde yabancı ot mücadelesi önemlidir (Özcan, 2012).

Fıstık yetiştiriciliğinde, kaliteli ve bol ürün elde etmek için mekanizasyon teknikleri kullanımı da oldukça önemlidir. Türkiye'de, fıstık yetiştiriciliğinde mekanizasyon uygulamaları kullanılsa da gelişmiş ülkelerdeki uygulamaların Türkiye'de ne ölçüde uygulanabileceği konusunda az sayıda çalışma bulunmaktadır. Siirt yöresindeki fıstık üretimindeki mekanizasyon sorunlarının çözümüne yönelik değerlendirmelerin yapılabilmesi için öncelikle işletmelerin mevcut tarımsal mekanizasyon düzeyleri hakkında bilgi edinmek gerekmektedir (Aygün ve Gürsoy, 2020).

Fıstık ağaçları için budama, ağaçların şekillendirilmesi, fizyolojik dengenin sağlanması, düzenli verim elde edilmesi ve yaşlanmış ağaçların gençleştirilerek daha fazla verim alınması amacıyla yapılır. İlk yılın sonunda, aşırı uzayan fidanların tepesi 80-90 cm'den kesilir. Ancak, kuru koşullarda yetiştiricilikte aşırı kesimden kaçınmak önemlidir, çünkü fazla kesim verime gecikmeli etkiler yapabilir. Olgun ağaçlarda ise, budama genellikle verimli yılın sonunda yapılır. Bu budama, yaşlanmış ve zayıf gelişen 3-4 yaşlı dal çıkarımı ve kuru dal seyreltme şeklinde yapılır. Antep fıstığı ağaçlarından ürün, 1 yaşlı dallardan alındığından, ağacın sürgün oluşturmamasını teşvik etmek için her yıl düzenli budama yapılması gereklidir. Düzenli budama işlemleri, ağacın ömrünü uzatır, verimi artırır (%14'e kadar), ürün kalitesini yükseltir ve daha iyi bir hasat elde edilmesine olanak sağlar (Anonim, 2023e).

Fıstık yetiştiriciliğinde, verim düşüklüğü ve periyodisite önemli sorunlarından. Bazı araştırmacılar su stresinin bu sorunlardan sorumlu olduğunu düşünmektedir (Kanber ve ark., 1993). Sulamanın su stresini azaltarak verimi artırdığı, ürün kalitesinde de iyileştirmeler sağladığı ve dolayısıyla periyodisiteyi azaltıcı bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, optimum düzeyde verim almak için sulamanın bir önkoşul olduğu vurgulanmaktadır (Aydın ve Saltuk, 2018).

3. Hastalık ve zararlılar

Siirt yöresinde fıstık yetiştiriciliğinde sıklıkla görülen hastalık ve zararlılar şunlardır:

Mantar Hastalıkları: Antep fıstığında en yaygın görülen hastalık Botryosphaeria'dır. Ayrıca, Fusarium, Phytophthora, Rhizopus ve Sclerotinia gibi diğer mantar türleri de görülebilir. Bu hastalıkların belirtileri arasında yapraklarda sararma, meyvelerde çürüme, ağaç kabuklarında yaralar, kuruma ve ölüm yer alır.

Mücadele yöntemleri: Bu hastalıkların kontrolü için kültürel uygulamalar öncelikle uygulanmalıdır. Budama, sulama yöntemleri, yabancı ot kontrolü ve gübreleme gibi uygulamalar ile bitkinin genel sağlığı korunabilir. Kimyasal mücadele yöntemleri de kullanılabilir, ancak kullanımı sınırlı olmalıdır ve etiket talimatlarına uyulmalıdır.

Kırmızı Örümcek: Bu zararlı, bitki yapraklarının altında bulunur ve bitkinin öz suyunu emer. Yapraklarda sararma, kahverengileşme ve kuruma görülür.

Mücadele yöntemleri: Bitkilerin düzenli olarak sulanması, yaprakların nemli tutulması ve yabancı otların kontrol edilmesi gibi kültürel uygulamalar, kırmızı örümceklerin yayılımını önleyebilir. Kimyasal mücadele yöntemleri de uygulanabilir, ancak sadece zararlıların ortaya çıkması durumunda kullanılmalıdır.

Antepfıstığı güvesi: (*Eurytoma amygdali*) oldukça zararlı olabileceği bildirilmektedir. Antep fıstığı güvesiyle mücadelede ise, kimyasal mücadele ve doğal düşmanların (örneğin parazitoidler ve predatörler) kullanımı önerilmektedir (Aydın ve Saltuk, 2018).

Yaprak Bitleri: Yaprak bitleri, yapraklarda sararmaya ve kıvrılmaya neden olan bir başka zararlıdır.

Mücadele yöntemleri: Yaprak bitleri ile mücadele etmek için kültürel uygulamalar önemlidir. Bitkiler düzenli olarak sulanmalı ve yabancı otlar kontrol edilmelidir. Kimyasal mücadele yöntemleri de kullanılabilir, ancak yalnızca zararlıların ortaya çıkması durumunda kullanılmalıdır.

Kabuk Böcekleri: Coleoptera takımına ait bir böcek grubudur ve bilimsel adı Scolytinae'dir. Bu böcekler, ağaç kabuklarının altında yaşar ve ağacın zarar görmesine neden olurlar. Kabuk böcekleri, Antep fıstığı ağacının

kabuğuna zarar verirler. AĞağ kabuklarında delikler, çatlaklar ve kabuk dökülmeleri oluşabilir.

Mücadele yöntemleri: Kabuk böcekleri ile mücadele etmek için kültürel uygulamalar önemlidir. AĞağların düzenli olarak sulanması ve yabancı otların kontrol edilmesi gerekir. Kimyasal mücadele yöntemleri de kullanılabilir, ancak öncelikle kültürel önlemlere başvurulmalı.

3. Hasat

Fıstık tarımında en önemli sorunların başında hasat gelmektedir. Bölgede mekanik hasat uygulamaları son derece sınırlıdır. Hasat işlemi büyük oranda insan iş güne dayalı olarak, daldaki fıstıkların elle toplanması şeklinde veya sırık kullanılarak yapılmaktadır. Bu yüzden hasat süreci yaklaşık olarak bir ay sürmektedir. Bu da işçi temininde sorunların yaşanmasının yanı sıra üretim maliyetlerini de artırmaktadır. Meyve gözleri, sırıkla yapılan hasatta zarar görür ve karagözlerin hasar görmesi, gelecek yılın ürün miktarını önemli ölçüde azaltabilir (Atlı ve ark., 1999; Sessiz ve ark., 2008; Pekitkan ve Esgici, 2022).

Fıstık hasadı, meyvelerin olgunlaştığı zaman yapılmaktadır. Bu dönemde, meyveler matlaşarak saydımlıktan uzaklaşırken, kırmızı kabuk yumuşayarak kolayca ayrılır ve kemik kabuk ıtlamaya başlar. Erken hasat edildiğinde, meyve içleri yeşil renkte kalırken, geç hasat yapıldığında kırmızı kabuk büzüşmekte ve kurumaktadır. Ayrıca, iç meyve renginde açılmalar, kalite bozulmaları ve haşere zararları da meydana gelmektedir. Hasat sonrası işlemler şu şekilde sıralanabilir: ürün depolanması, kavlatma, yıkama-kabuk ayırma, boş-dolu ayırma, kurutma, ıtlatma ve kavurma (Anonim 2023d).

Siirt bölgesindeki artan üretim alanları, fıstık üretiminde yeni iş kavramlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Fıstık tüccarı, işçisi, toptancısı, fabrikası, aracı, fidan üreticisi, budama ustası ve aş ustası gibi meslekler 2002 yılından önce yörede bulunmamaktaydı. Fıstık üretimindeki en büyük toplumsal sınıf, küçük aile işletmeciliğinin olduğu bildirilmektedir (AĞağ, 2022).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu alışma, 2022 yılı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri temel alınarak yapılmış olup Siirt ilinin fıstık potansiyelini ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Antep fıstığı Siirt iline iyi uyum sağlamış olup 353820 dekarlık alanda yetiştirilen en yaygın meyve türüdür ve son zamanlarda Siirt fıstığı

çeşidi ilin sembolü haline gelmiştir. Siirt fıstığı, Türkiye'deki fıstık üretiminin yaklaşık %10'unu karşılamaktadır. İldeki fıstık üretimi yeterli düzeydedir ve üretim fazlası ürün, komşu illere ve hatta yurt dışına büyük firmalar aracılığıyla satılmaktadır. Siirt fıstığı hem yerel hem de ulusal ölçekte ekonomik bir değere sahip olup, tarım sektörü için önemli bir gelir kaynağıdır.

Ancak, Siirt fıstığı yetiştiriciliği ile ilgili olarak, potansiyelin tam olarak değerlendirilemediği görülmektedir. Bunun nedeni, özellikle verimlilik ve kalite açısından, fıstık üretiminin halen geleneksel yöntemlerle yapılıyor olmasıdır. Fıstık üretiminde modern teknolojilerin kullanımı, daha yüksek kaliteli ürünlerin elde edilmesine ve üretkenliğin artırılmasına yardımcı olabilir. Bu nedenle, Siirt ilinde modern teknolojilerin kullanımının teşvik edilmesi gerekmektedir.

İl Tarım ve Orman Müdürlüğü ve diğer kamu kurumları, aşılama çalışmaları, aşılı fidanların dağıtımı ile Siirt'in fıstık meyveciliği potansiyelini artırmakta olup üreticiler nezdinde ciddi anlamda farkındalık sağlamaktadır. Bu nedenle bu gibi girişlere devam edilmesi yöreye olumlu katkılar sunacaktır. Yakın zamanda, Siirt ilindeki fıstık bahçelerinin büyük bir kısmı, aşılı fidanların kullanımı ile yeniden yapılandırılmıştır. Ancak, fıstık bahçelerinin daha da genişletilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, Siirt ilinde fıstık bahçelerinin kurulması ve bakımı için çiftçilere eğitim ve bilgilendirme desteğinin sağlanması gerekmektedir.

Siirt fıstığı, ilde meyve üretiminde en yüksek paya sahiptir ve bu potansiyelin değerlendirilmesi, kırsal kalkınmada ilerlemeler sağlayabilir. Fakat, arazi yapısı, iklim durumu ve sulama imkanları gibi faktörler göz önünde bulundurularak il merkezi ve ilçeler bazında mevcut durumlar dikkate alınarak planlamalar yapılması gerektirmektedir. Bu planlamalar, fıstık üretiminde verimliliği ve sürdürülebilirliği artırmaya yardımcı olacaktır.

İl Tarım ve Orman Müdürlüğü ve diğer kamu kurumları tarafından sunulan destekler, fıstık bahçelerinin yeniden yapılandırılması ve genişletilmesi için fırsatlar sunmaktadır. Siirt fıstığı, ilde meyve üretiminde en yüksek paya sahip olduğundan, potansiyelin tam olarak değerlendirilmesi, il ekonomisine önemli bir katkı sağlayabilir. Modern yetiştiricilik için üniversitelerin bilimsel ağırlıklı çalışmalarının yanı sıra Tarım Bakanlığı birimleri, başta çiftçi eğitim programları olmak üzere, destekleme teşvikleri, aşılı ve sertifikalı fidan desteği, arazi ve etüt çalışmaları, projeler gibi alanlarda

etkin olmaları büyük önem arz etmektedir. Bu anlamda modern fıstık üreticiliği yapmak isteyenlere gerekli teknik bilgi verilmeli, projeler hazırlanmalı, teşvikler aktif olarak kullanılmalı, gerekli malzeme ve ekipman desteği verilmelidir. Fidan yetiştiriciliğinden dikime kadar, bakımdan hasada kadarki tüm aşamalar planlanarak master uygulama planları çerçevesinde hareket edilmelidir.

Bölgedeki fıstık üreticilerinin bir araya gelerek çiftçi kooperatifleri gibi birliklerin oluşturması teşvik edilmelidir. Bu birlikler, üreticilerin başta pazarlama olmak üzere her türlü tarımsal faaliyetlerini daha etkili bir şekilde yürütmelerine yardımcı olabilecektir. Ayrıca, birlikler aracılığıyla üreticiler, devlet desteklerinden daha kolay faydalanabilirler.

Son olarak, Siirt'te fıstık üretiminin artırılması için, üreticilerin ürünlerinin markalaşması ve bölgenin Antep fıstığı üretiminde öncü bir konuma getirilmesi hedeflenmelidir. Bu amaçla, bölgedeki üreticilerin ürünlerinin kalitesinin artırılması ve çeşitlendirilmesi gerekmektedir. Tüm bu adımların uygulanması, Siirt yöresinde fıstık yetiştiriciliğinin gelişmesine ve üreticilerin daha verimli bir şekilde üretim yapmalarına olanak sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Ağaç, M., 2022. Tarımda Yeniden Yapılanma ve Emeğin Dönüşümü: *Siirt Fıstığı Örneği*. Politik Ekonomik Kuram, Araştırma Makalesi, 2022, Volume 6, Issue 2, 422-453
- Anonim, 2021a. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2022 data.tuik.gov.tr/bulten/index/bitkisel üretim istatistikleri (Erişim Tarihi: 19.04.2023)
- Anonim, 2023b. siirt.gov.tr/kurumlar/Siirt.gov.tr.jandarma/sayfalar/03 *Coğrafi durum.htm* Erişim tarihi: 16.04.2023
- Anonim, 2023c. Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Gap 2012 Yılı Raporu, yayin.gov.tr/2012-yili-faaliyet-raporu-yayin Erişim tarihi: 11.06.2023
- Anonim, 2023d. [tr.wikipedia.org/wiki-Siir_\(il\)](http://tr.wikipedia.org/wiki/Siir_(il)) Erişim tarihi: 17.04.2023
- Anonim, 2023e. <https://www.tarimorman.gov.tr> - /GKGM - Belgeler / *Uretici_Bilgi_Kosesi / Dokumanlar/antepfistigi.pdf* “Antepfistığı Hastalık ve Zararlıları ile Mücadele” dokümanı, Erişim tarihi: 23.04.2023
- Aydın, Y., Saltuk, B., 2018. Siirt Yöresi Fıstık Yetiştiricilerinin Sulama Eğilimlerinin Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1.Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı: 119-127, 2018 ISSN 1304-9984, Araştırma Makalesi
- Atlı, H. S., Arpacı, S., Akgün, A., Özgüven, A. I. ve Özgüven, F. (1999). Bazı Antepfistığı Çeşitlerinin Hasat Zamanının Saptanması ve Makineli Hasadın Uygulanabilme Durumunun Araştırılması. Türkiye III. Ulusal Bahçe Bit. Kong. S.248 - 251. Ankara.
- Aygün, M., Gürsoy, S., 2020. Antep Fıstığı (*Pistachio vera L.*) Üretimi Yapan İşletmelerin Tarımsal Mekanizasyon Düzeylerinin Belirlenmesi: Türkiye, Siirt İli Örneği, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2020, 7(2): 136-142
- Akboğa, A., Pakyürek, M., 2020. *Siirt Fıstığı Yetiştiriciliğine Üretici Davranışları*. ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi 2020 : 4(2)
- Barut, D., Tekin, H., Kılıç, İ.H., Taş, S., Kurt, B.S., 2021. Antep Fıstığı (*Pistachio vera L.*) Yumuşak Dış Kabuğunun Kimyasal Birleşimi ve

- Antioksidan Potansiyelinin Belirlenmesi: Zeugma Biological Science* 2021, v:2 s:1 p:20-26
- Dilmen, H., Pala, F., Dilmen, M.Ö., 2020. Antep Fıstığı (*Pistachio vera L.*) Üreticilerinin Tarımsal Konusundaki Bilgi Düzeylerinin Belirlenmesi: Türkiye, Siirt İli Örneği, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2020, 7(1): 1-8,
- İlikçioğlu, E., 2022. Antepfıstığının Kültür Tarihi, Sistematiği Genealogisi ve Ülkemizdeki Yayılış Alanları, Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü, Islah ve Genetik Bölümü, Gaziantep, Türkiye. *Antepsıtığı Yetiştiriciliği*, ISBN: 978-625-6955-54-7, Sayfa: 3-18
- Kanber, R., Kırdar, C., Yazar, A., Önder, S., Köksal, H., 1993. Irrigation Response of old Pistachio (*Pistachio vera L.*) Doğa-Tr.J. of Agriculture and Forestry, 17 (1993), 659-671
- Özbek S., 1978. Özel meyvecilik (Kışın yaprağını döken meyve türleri). Çukurova Üni. Zir. Fak. Yayınları 128. Ders Kitabı 11. A.Ü. Basımevi Ankara, 486 s.
- Özcan S., 2012. Gaziantep ve çevresinde Antep fıstığı bahçelerinde sorun olan yabancı otlar ve dağılımlarının ekolojik faktörlerle ilişkilendirilmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 93 s., Tokat
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., İmamoğlu, A., 2014. Siirt İli Bazı Arazi ve Toprak Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistem Analizleriyle Değerlendirilmesi, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, (2014) 1:128-137
- Pekitkan, G.F., Esgici, R., 2022. *Siirt Fıstık (Pistachio vera L.) Çeşidinin Yüksek Altındaki Davranışının Belirlenmesi*. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi 2022 : 18(3), 2022:189-197
- Sessiz, A., Turgut, M. M. ve Pekitkan, G. (2008). Mechanization Properties of Siirt Cultivar Pistachio. 10th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture. 14-17 October 2008, Antalya-Turkey.
- Sırrı, M., 2019. Siirt İli Fıstık Bahçelerinde Görülen Yabancı Otların Yaygınlık ve Yoğunluklarının Belirlenmesi, Bitki Koruma Bülteni 2019, 59 (3): 3-14
- Tekin, H., Arpacı, S., Atlı, H.S., Açar, İ., Yükçeken, Y., Yaman, A. 2001. Antepfıstığı Yetiştiriciliği. Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No: 13, Gaziantep

BÖLÜM 19

YAPAY IŞIKLANDIRMANIN BİTKİ HASTALIKLARI ÜZERİNE ETKİLERİ

Öğr. Gör. Dr. Ayşe ÇANDAR¹

Öğr. Gör. Ayşe BAŞPINAR²

Araş. Gör. Çiğdem Özkan KAHRAMAN³

Doç. Dr. Serpil GENÇOĞLAN⁴

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Çiçekdağı Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Kırşehir, Türkiye. ayse.candar@ahievran.edu.tr, orcid.org/0000-0003-2385-5602

² Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Rektörlük, Pilot Üniversite Tarım ve Jeotermal Koordinatörlüğü, Kırşehir, Türkiye. ayse.baspinar@ahievran.edu.tr, orcid.org/0000-0002-0738-9974

³ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, İzmir, Türkiye. cigdem.ozkan@ege.edu.tr, orcid.org/0000-0002-7589-1085

⁴ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye. sgencoglan@ksu.edu.tr, orcid.org/0000-0002-7390-8365

GİRİŞ

Işık yayan diyot (LED: Light Emitting Diode) teknolojisinin tarım alanlarında kullanılmasıyla birlikte, bitkisel üretim alanlarında bitki büyümesi ve gelişmesi başta olmak üzere özellikle fungal hastalıkların patojenisitesini azaltma yolunda başarılı sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır. Tarımsal üretimde özellikle örtüaltı alanlarında ve kontrollü iklim koşullarının mümkün olduğu alanlarda LED bitki biyolojisi ve genetiği için çok iyi bir kullanım alanı yaratmıştır (Davis ve Burns, 2016; Gomez ve Izzo, 2018). LED teknolojisi hem geleneksel aydınlatma sistemlerine alternatif yapay akıllı bir aydınlatma kaynağı olarak, hem bitki büyümesini ve gelişimini teşvik eden bir sistem olarak, hem de bitkinin dayanıklılık mekanizmalarını uyarması yoluyla hastalıkların yayılımını ve gelişimini engellemesi bakımından tercih edilmektedir (Çağlayan ve Ertekin, 2018; Olle ve Viršile, 2013; Wu ve ark, 2020).

LED teknolojisi kültür bitkilerinde, tıbbi ve aromatik bitkilerde ve diğer yetiştiricilik alanlarında bitkisel üretimde verimi artıracak farklı dalga boyunda ışıklar yayarak kontrollü bir büyüme ortamı sağlayabilmektedir. LED aydınlatma teknolojisi bitki büyüme fizyolojisinde olduğu kadar hasat sonrası dönemde de etkili olarak kullanılmaktadır. Hasat sonrası dönemde depolanan bitkilerde ikincil metabolitleri uyararak etkili olmaktadır (Song ve ark., 2020).

Son yıllarda özellikle bilinçsiz kullanılan bitki koruma ürünlerine karşı bitki patojenleri hızla dayanıklılık kazanmaktadır. Böylece kullanılan bitki koruma ürünlerinin etkisi azalarak, özellikle kültür bitkilerinde ciddi kayıplar yaşanmaktadır. Verimin ve kalitenin düşmesinin yanı sıra bitki koruma ürünlerinin bilinçsiz kullanılmasıyla yurtdışına ihraç edilen bitki gruplarında kalıntı sorunları yaşanmakta, doğru dozda kullanılmayan kimyasallar sebebiyle çevre ve insan sağlığı olumsuz etkilenmektedir. Kalıntı sorunu, çevre kirliliği, insan sağlığının olumsuz etkilenmesi gibi sebeplerle kültür bitkilerinde

hastalıklarla savaşmada kimyasal mücadeleye alternatif güvenilir mücadele yöntemlerinin bulunması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Tiryaki ve ark., 2010).

Artan dünya nüfusu karşısında ekilebilir tarım alanlarının azalması ve hızlı kentleşme, gıda güvenliği sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Bu nedenle tarımsal üretimde bitki koruma stratejileri adına çevre dostu, hızlı sonuç verebilen yeni yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bitki koruma yaklaşımları arasında kimyasal mücadele en çok tercih edilen yöntem olmasına rağmen pestisit kullanımının düşürülmesi ve ilave yeni teknolojik gelişmelerin ışığında çevre dostu yaklaşımlara olan ihtiyaç artmaktadır (Ergül, 2021).

Bitkilerde zarar yapan hastalık etmenlerinin binlerce türü bulunmakta, kültür bitkileri için ciddi verim kayıplarına neden olmaktadır. Bitkilerde meydana gelen hastalıklar son derece yıkıcı olmakla birlikte, çoğu zaman geri dönüşümsüzdür. Bitkisel ürünler üzerinde verimi ve kaliteyi olumsuz etkilediği gibi bazı funguslar ürettikleri toksinler ile de insan sağlığını tehdit eden olumsuz etkilere sahiptirler. Bitkisel üretim faaliyet alanlarında, özellikle organik tarım ve örtü altı alanlarda hasat sonrası hastalıkların kontrolünde pestisit kullanmadan patojenlerin inaktif edilmesi, elemine edilmesi, virülensliklerinin azaltılması, insan ve çevre sağlığı açısından büyük öneme sahiptir (Maxin ve ark., 2006).

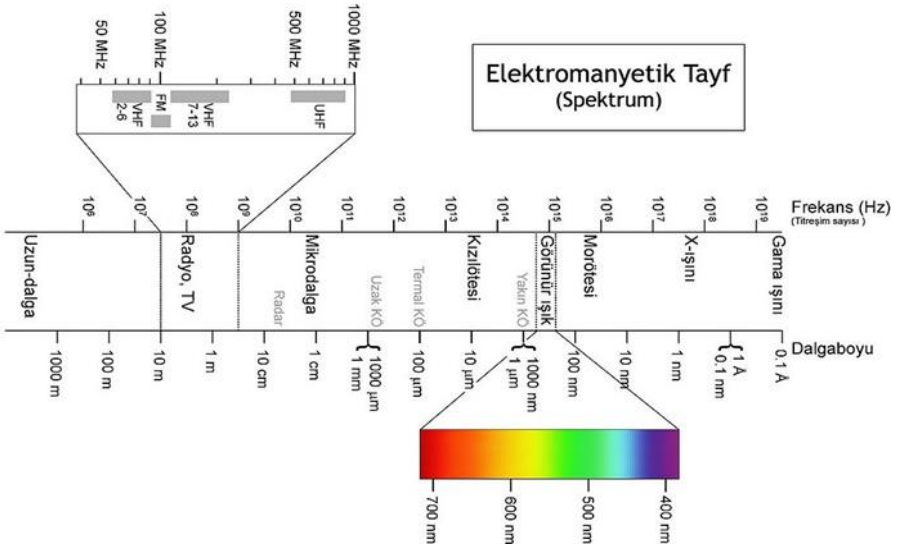
Kimyasal uygulamaların kalıntı, çevre kirliliği, insan sağlığına olumsuz etkisi, patojenlerde dayanıklılık oluşturma gibi istenmeyen özelliklerinden dolayı, hasat sonrası başta olmak üzere hastalıklarla mücadelede LED teknolojisi tercih edilmeye başlanmıştır. Kimyasal mücadele yöntemlerinden ziyade, kullanılacak fiziksel veya kültürel savaşım yöntemleri genellikle bitkilerde hasattan olgunlaşmaya kadar devam ederek dayanıklılığı arttırarak ürünü korumayı hedefleyen stratejilerdendir. LED teknolojisi ise hem patojenlerin inaktivasyonunu hem de hastalık sonrası sebze ve

meyvelerin savunma mekanizmasını arttırmak için kullanılan önemli bir yöntemdir. LED teknolojisi içinde yer alan ultraviyole (UV) ışık uygulamaları hem patojeni kontrol etme yeteneğine sahip olmakta, hem de dokuların içine nüfuz ederek onları güçlendirebilmekte ve bu özelliklerinden dolayı sebze ve meyvelerin daha uzun süre saklanmasına imkân sağlayabilmektedir (Ergül, 2021).

LED teknolojisi, son yıllarda bitki koruma alanında giderek önem ve popülerite kazanmış olmasına rağmen bu uygulamaların hangi ışık yoğunluğunda kullanılacakları, hastalık etmenleri üzerine etkileri detaylı değerlendirilmeli, uygulanacak sürelerin ve yoğunluğun insan sağlığı ve çevre bakımından da ele alınması gerekmektedir. Sözü edilen yöntemler geniş konukçu dizisinde başarılı olma ve pratik olarak kullanılabilme bakımından ön plana çıkmaktadır (Galle ve ark., 2021).

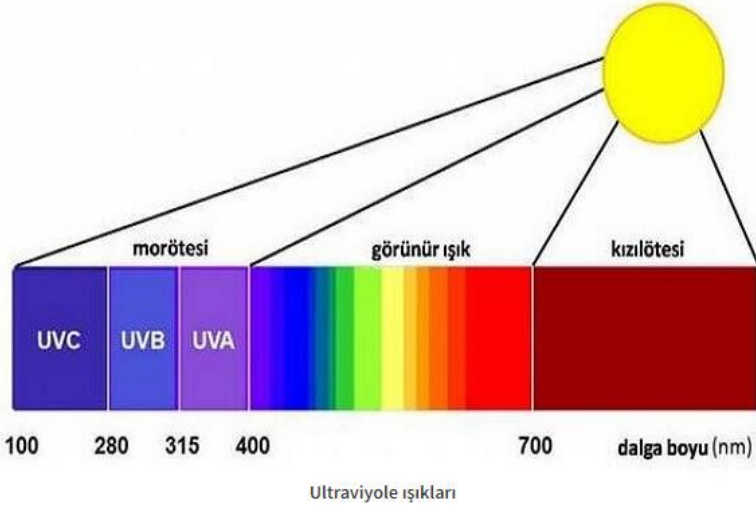
1. BİTKİLERİN IŞIĞI ALGILAMASI VE IŞIĞA VERDİĞİ TEPKİLER

Doğal ve yapay kaynaklardan yayılan elektromanyetik dalgalar farklı dalga boylarında olup, elektromanyetik dalgaların boyutlandırılmasıyla tayf elde edilmektedir (Şekil 1). Bu sınıflandırmada elektromanyetik ışınım enerji düzeylerine göre düşük enerjiden yüksek enerjiye doğru; radyo dalgaları, mikrodalga, kızıl ötesi, görünür ışık, mor ötesi, X ışınları ve Gama ışınları olarak isimlendirilmektedir (Yıldız ve ark., 2010).



Şekil 1. Elektromanyetik tayf spektrumu.

Işık, güneşten gelen elektromanyetik radyasyon olup beyaz ışık görülebilir ışık olarak adlandırılan 400-700 nm (mor-400nm, indigo-445nm, mavi-475nm, yeşil-510nm, sarı-570nm, turuncu-590nm ve kırmızı-650nm) aralığındaki tüm farklı renkteki ışıkların birleşim halindeki yansımasıdır. Kızıl ötesi (infra-red) radyasyon, görülebilir kırmızı ışıktan daha uzun ve ultraviyole (UV) radyasyon ise daha kısa bir dalga boyuna sahiptir (Thind ve Schilder, 2018) (Şekil 2).



Şekil 2. UV ışınım bantları.

315-400 nm dalga boyundaki UV-A, morötesi ışınım bantlarının arasındaki en az enerjiye sahip ışınım olmakla birlikte UV ışığın en fazla bulunan tipi ve en zararsız olanıdır. UV-A flüorışıl maddelerinin görünür ışık yaymasına neden olması ve zararsız olmasından dolayı diğer UV ışık türlerine göre daha fazla tercih edilmektedir. Bu ışığa maruz kalan bitkilerin tomurcuklarında ve tepe noktalarındaki büyüme hücrelerinde mutasyonlar meydana gelmesi dolayısıyla aynı bitkide çok farklı karakterler oluşmakta ve yeni çeşitler elde edilebilmektedir. UV-A ışınımın bitki fenotipinde meydana getirdiği en önemli değişimler diken ve mantar tabakası oluşumu, tüylenme şeklinde olmaktadır. Öte yandan, 280-315 nm dalga boyuna sahip olan UV-B ışınımın tamamı atmosferde soğurulmadığından biyolojik dokularda cilt kanseri gibi zararlara neden olmaktadır. Dolayısıyla bu ışınım türü bitkilerde de zararlı etkiler bırakmakta, bu zararlı etkilerin üstesinden gelmeye çalışan bitkiler bodur gelişme, üst koruyucu dokuda kalın bir mantarlaşma ve diken oluşumu göstermektedir. Genellikle atmosferden çok az miktarı bulunduğumuz ortama ulaştığı için lambalardan elde

edilen ve 200-280 nm dalga boyuna sahip olan UV-C ışığın mikroorganizmaları öldürücü etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle ortamların mikroorganizmalardan arındırılmasında kullanılmaktadır (Çağlayan, 2013).

760 nm'den daha fazla dalga boyuna sahip ışınlar kızıl ötesi (IR: infra red) yani dünyanın ısınmasını da sağladıkları için ısıtıcı ışınlar olarak bilinmektedir. Bu ışınların bitkiler üzerindeki etkisi incelendiğinde fotosentez, solunum, çiçeklenme ve terleme gibi yaşamsal faaliyetlerde görev almalarının yanında biyokimyasal süreçlerin gerçekleşmesine de hizmet ettiği görülmektedir (Günay, 2005).

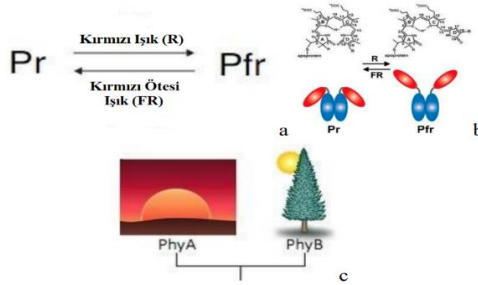
Işık, bitkiler için temel bir enerji ve çevresel sinyal kaynağı olarak önemlidir. Çimlenme, etilasyonun önlenmesi, stomaların gelişimi, sirkadiyen ritim ve çiçeklenme de dâhil olmak üzere çok çeşitli gelişimsel süreçler ışık tarafından düzenlenmektedir (de Wit ve ark., 2016). Işığın bitkilerde fototropizma ve fotosentez üzerindeki etkisinin haricinde en büyük fonksiyonu, morfogenez (yapısal gelişimi) kontrol etmesidir. Bitkiler, içerdikleri fotoreseptör olarak adlandırılan ışığa duyarlı bir madde sayesinde ışığı algılamaktadır. Bitkilerde fotomorfogenez, fotoperiyot ve ışıkla uyarılan bitki davranışlarını düzenleyen 4 farklı tipte fotoreseptör bulunmaktadır (Larcher, 1995). Bunlar;

1. *Fitokrom*: Proteolitik enzimlere duyarlı bir kromo protein olan fitokrom pigmentinin mavi ile kırmızı ve kırmızı ötesi ışığı absorblayan iki formu bulunmaktadır.
2. *Kriptokrom*: Mantar hifi ve karayosunu protonemasında uzun boylu UV ve mavi ışık ışınlarının reseptörü olarak rol oynayan bir flavondur.
3. *UV-B Fotoreseptörleri*: Bir veya birden çok sayıda pigment olmayan, UV radyasyonu absorblayan tanımlanmamış bileşiklerdir.

4. *Protokrofil a*: Klorofil a'ya dönüşen, mavi ve kırmızı ışığı absorblayan pigmenttir.

Işık, bitki-patojen etkileşimlerinde farklı metabolik yolların da içinde bulunduğu büyüme ve gelişim süreçlerini de etkileyebilmektedir (Purschwitz ve ark., 2006; Thind ve Schilder, 2018; Tisch ve Schmoll, 2010; van der Horst ve ark., 2007). Optimum ışık koşullarının aksine karanlığı da kapsayan düşük ve yüksek ışık yoğunluğu, özellikle jasmonik asit (JA) ve salisilik asit (SA) gibi fitohormonlar tarafından yönetilen farklı sinyal ve düzenleyici yolları teşvik etmektedir (Ballaré, 2014; Deepika ve ark., 2020; Roberts ve Paul, 2006).

Işık, spesifik bir prostetik kromofor (renk verici) aracılığıyla fotonları absorbe eden fotoreseptörler tarafından enformasyonel (bilgilendirici) bir sinyal olarak yorumlanmakta ve reseptörün protein kısmında yapısal değişikliklere neden olmaktadır (Folta ve Carvalho, 2015). Bitkilerde kırmızı ötesi ve kırmızı ışığı algılayan fitokromlar (phyA-phyE), mavi ışığı algılayan kriptokromlar (cry1-3) ve fototropinler (phot1 ve phot2), Zeitlupe familyası üyeleri (ZTL, FKF1 ve LKP2) ve UV-B reseptörü UVR8 gibi çeşitli fotoreseptörler bulunmaktadır (Demarsy ve ark., 2018; Paik ve Huq, 2019). Bitkilerde en önemli fotoreseptör fitokrom olup ışıkla birbirine çift yönlü olarak dönüşebilen iki formu bulunmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Fitokrom dönüşümleri. a) Pr ve Pfr arasındaki dönüşüm (Solomon ve ark., 1999), b) fitokromun prostetik grubundaki dönüşüm (Sharrock, 2008), c) PhyA: kırmızı ötesi, PhyB: kırmızı ışık altında aktive edilen fitokromlar (Rensing ve ark., 2016).

Kırmızı ışığı arbsorblayan fitokrom Pr, pigmentin aktif formudur ve 660 nm gibi daha kısa dalga boylu kırmızı ışığı absorbe etmektedir. Bu süreç gerçekleşirken molekülün formu zamanla 730 nm gibi daha uzun dalga boyuna sahip kırmızı ötesi ışığı absorbe eden Prf'ye dönüşmektedir. Bu dönüşümün ardından oluşan Prf, Pr'ye göre daha az kararlı olduğu için kırmızı ötesi ışığı arbsorbladığı zaman tekrar orijinal formu olan Pr'ye dönüşmektedir (Solomon ve ark., 1999).

Aktive edilmiş fitokromlar oksin biyosentezi genlerinin transkripsiyonel inhibisyonu yoluyla fotomorfogenez veya gölgeden kaçınma tepkilerini engelleyen yapısal olarak fotomorfojenik 1 (COP1)/phyA105'in baskılayıcısı SPA kompleksinin aktivitesini baskılayarak fitokrom etkileşimli faktörler (PIF'ler)'in fotofosforilasyonu ve bozulmasına aracılık etmektedirler (Casal, 2013; Hoang ve ark., 2019; Li ve ark., 2012; Sheerin ve ark., 2015).

Jasmonik asit (JA) gibi fitohormonlar tarafından düzenlenen ışık sinyalizasyonu ve fotomorfogenez arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır (Goossens ve ark., 2016). Kırmızı ve kırmızı ötesi ışık arasındaki oran yüksekse, PhyB karanlıktan kaçınma tepkisini baskılamakta, JA'e duyarlılığı arttırmakta ve dolayısıyla da savunma mekanizmasını teşvik etmektedir (Robson ve ark., 2010; Xiang ve ark., 2021). Düşük kırmızı/kırmızı ötesi ışık oranında, PhyB inaktive edilmekte, gölge tepkileri aktive edilmekte ve JA'e duyarlılık azalmaktadır (Moreno ve ark., 2009). Gölgeden kaçınmadaki ana rolünün dışında fitokromlar, tohum çimlenmesi, etiole olmanın önlenmesi, fotomorfogenez, fotoperiyodik çiçeklenme ve sirkadiyen saati de düzenlemektedir (Casal, 2013; Hernando ve ark., 2021; Pierik ve de Wit, 2014; Su ve ark., 2017).

2. BİTKİLERİN SAVUNMA YANITINDA IŞIĞIN ROLÜ

Çeşitli fitohormonlar ışığa bağlı olarak bitki savunma yanıtının düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Ballaré, 2014; Deepika ve ark., 2020; Roberts ve Paul, 2006). Bir dizi viral, bakteriyel ve fungal patojene karşı karanlık ortamlarda çok düşük savunma yanıtı olduğundan dolayı bitkilerde tam bir savunma yanıtı oluşabilmesi için ışığın gerekli olduğu uzun zamandan beri bilinmektedir (Lozano ve Sequeira, 1970; Guo ve ark., 1993; Genoud ve ark., 2002; Zeier ve ark., 2004; Chandra-Shekara ve ark., 2006). Kamalexin sentezi ve JA üretimi gibi bazı bitki savunma tepkileri ışıktan bağımsız olarak meydana gelirken (Zeier ve ark., 2004), özellikle salisilik asit (SA)-aracılı savunma tepkilerinde ışığın önemli bir rol oynadığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. SA, bitkinin doğal olarak meydana getirdiği bağışıklığın her üç seviyesinde de yer alan anahtar bir sinyal molekülüdür (Loake ve Grant, 2007);

1. *Patojen ilişkili moleküler örüntüler-* tetiklenen bağışıklık (plazma zarındaki örüntü tanıma reseptörleri aracılığıyla)
2. *Efektörle tetiklenen bağışıklık* (ETI; genellikle hücre içi reseptörleri barındıran lösince zengin tekrarlar (LRR)'dan olan bitki dayanıklılık proteinleri tarafından patojen efektör moleküllerinin tanınmasının ardından aktive edilmektedir)
3. *Sistemik kazanılmış dayanıklılık* (SAR; lokalize olmuş birincil bir enfeksiyon sayesinde, sistemik dokuda ikincil bir patojen saldırısına karşı dayanıklılık artışı gerçekleşmektedir).

SA, patojen enfeksiyonunun ardından oluşan hem lokal hem de sistemik kazanılmış dayanıklılığın oluşmasında gereklidir. Stres koşulları altında SA'in yüksek konsantrasyonları, reaktif oksijen (ROS) ve nitrojen (nitrik oksit, peroksinitrit gibi) türevlerinin hızlı birikimini teşvik etmektedir. ROS ve nitrojen türevleri ise enfekte dokularda proteinlerin okside olmasına ve yüksek ışık altında daha belirgin hale

gelen hipersentitif yanıt (HR)-benzeri hücre ölümüne yol açmaktadır (Loake ve Grant, 2007; Poor, 2020; Vlot ve ark., 2009).

SA biyotrofik ve hemibiyotrofik patojenlere karşı dayanıklılıkta primer bir rol oynamasına rağmen, JA ve etilen gazı (ET) nekrotrofik ve herbivor böcek patojenlere karşı bitkinin verdiği bağışıklık tepkisini düzenlemektedir (Glazebrook, 2005; Vlot ve ark., 2009). Pek çok çalışma, JA'nın proteinaz inhibitörleri ve polifenol oksidazların sentezini teşvik ederek herbivora karşı bitkinin anti-nütritif (beslenmeyi engelleyici) savunmasını aktive ettiğini göstermiştir. Bundan başka, JA peroksidaz, kitinaz ve lipoksijenaz gibi diğer savunma enzimlerinin aktivitesini arttırmakta ve alkaloidler, flavonoidler, diğer fenolik bileşikler gibi bitkinin savunma yanıtlarından sorumlu bazı sekonder metabolitlerin birikimini teşvik etmektedir (Vasyukova ve Ozeretskovskaya, 2009; Wasternack ve Hause, 2013).

JA ve ET'in patojenler üzerinde doğrudan etkileri de rapor edilmiştir. JA, in-vitro'da *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*'nin spor çimlenmesini ve miselyum gelişimini azaltmaktadır (Król ve ark., 2015). Buna ek olarak ET, *Botrytis cinerea*'nın hif gelişimini ve spor çimlenmesini de etkilemektedir (Chagué ve ark., 2006). Aynı zamanda, SA'ye bağlı savunma JA/ET'ye bağlı savunma sinyaliyle antagonistiktir, ancak bu hormonal karışımın oranı, diğer fitohormonlara (giberelinler gibi), bitki-patojen sistemlerine veya uygun ışık gibi çevresel koşullara yüksek derecede bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle, fitohormon aracılı tepkilerde ışığın varlığı ya da yokluğunun çok önemli bir faktör olduğu sonucuna varılabilmektedir (De Vleeschauwer ve ark., 2016; Klessig ve ark., 2018; Koo ve ark., 2020; Robert-Seilantantz ve ark., 2011).

Bitkilerde SA ve JA'nın endojen içeriği günlük olarak değişiklik göstermektedir (Wasternack ve Hause, 2013). Bitki bağışıklığını etkileyen bu fitohormonların temel seviyeleri sirkadiyen saat tarafından da düzenlenmektedir (Karapetyan ve Dong, 2018; Lu ve ark., 2017;

Roden ve Ingle, 2009; Spoel ve van Ooijen, 2014). Gece eksprese edilen bir gen olan TIC, akşam JA sinyalizasyonunu inhibe etmekte ve sabahları daha güçlü bir JA yanıtına katkı sağlamaktadır. SA gece ortasında pik yaparken JA içeriği gün ortasında yüksek bir pik göstermektedir. Bunun nedeni SA biyosentezinden sorumlu anahtar enzimin (izokorismat sentaz 1) ifadesinin gece fazında olmasından kaynaklanmaktadır (Zheng ve ark., 2015). Tüm bu gözlemler göz önüne alındığında sadece ışığın varlığının değil, aynı zamanda sirkadiyen ritimin de bitkilerin fitohormon aracılı savunma yanıtını etkileyebileceği görülmektedir.

3. IŞIĞIN PATOJENLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Işığın bitki bağışıklık yanıtına doğrudan etkisine ek olarak, bitki patojenlerinin virulensliği (patojenliği yani hastalığa neden olma yeteneği) üzerinde de belirleyici görevi bulunmaktadır. Bitkilerin aksine, ışık sinyallerinin mikrobiyal virülense etkisi hakkında çok az bilgi mevcuttur (Santamaría-Hernando ve ark., 2018).

Bitkilere benzer şekilde bitki patojeni bakterileri, kromoforların kimyasal yapısına göre 6 familya içinde sınıflandırılabilen fotoreseptörlere göre ayırmak mümkündür: rodopsinler, kırmızı ışığı algılayan fitokromlar, ksantopsinler, kritokromlar, mavi ışığı algılayan fotoreseptörlerin ışık, oksijen veya voltaj alanları (LOV) ve mavi ışığı algılamada kullanılan flavin proteinler (BLUF) (van der Horst ve ark., 2007).

Bitki patojenlerinin bitki hücresindeki hareketinin virulensliği etkilediği uzun zamandır bilinmesine karşın, Oberpichler ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada, patojenin hücre içi hareketliliğinin kontrol edilmesinde ışık algısı ve virülenslikle bağlantılı kanıtlar sağlanmıştır. *Agrobacterium tumefaciens* C58 proteonunun analizi, fla A ve fla B isimli flagellin (bakterilerde kamçıların yapısal bileşeni olan protein) alt birimlerinin karanlıkta gelişen bakterilerde önemli derecede

artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Bakteri ışıklı ortamda kültüre alındığında kamçı sayısını azaltmış (karanlıkta 3-5 arası kamçı oluşurken ışıklı ortamda 1-2 oluşmuş) ve kolonizasyon çalışmalarında hareketliliğin önemli derecede azaldığı gözlenmiştir. Daha da önemlisi virülens ışıktan da doğrudan etkilenmiş; karanlıkla ışık ortamı karşılaştırıldığında ışık varlığında bakterinin domates bitkilerinin köklerine tutunmasında azalma ve hıyar bitkilerinde daha küçük tümör oluşumu olduğu gözlenmiştir (Oberpichler ve ark., 2008).

A. tumefaciens genomunda iki varsayımsal fitokrom ve bir kriptokrom belirlenmiş (Goodner ve ark., 2001); sözü edilen fotoreseptörlerin zarar gördüğü mutantlarda fla protein seviyelerinin ışığa bağlı olarak normal seviyelerde seyretmesi (Oberpichler ve ark., 2008), henüz tanımlanmamış bir fotoreseptörün sürece dahil olabileceğini düşündürmüştür. Bitkilerde flavin bağlayıcı LOV (ışık, oksijen veya voltaj) domainlerinin, ışığı algılama modülleri gibi rol oynadığı ve en iyi mavi ışığı algılayan fototropin reseptörlerinde karakterize edildiği bilinmektedir (Huala ve ark., 1997). Swartz ve ark. (2007), *Brucella abortus*, *Brucella melitensis*, *Erythrobacter litoralis* ve *P. syringae* isimli 4 prokaryotun bir flavin mononükleotit kromoforuna bağlanan LOV domainleri barındıran histidin kinazlara sahip olduğunu göstermiştir. Işıkla teşvik edilen pürifiye proteinlerin afinitesindeki absorpsiyon değişimleri, mavi ışığa kimyasal yanıt eklenebilen sistenil flavinin göstergesi olmuş (bitki fototropinlerinde gözlenen benzer olarak) ve LOV-HK proteinlerinin kinaz aktivitesi artmıştır. Mutantlarda aynı tepki görülmediği için LOV-HK'nin bu süreçte fonksiyonel bir rolü olduğu gösterilmiştir. Geriye *P. syringae*'nin LOV-HK proteininin virüsten benzer bir rolü oynayıp oynamadığını test etmek kalmaktadır.

Funguslarda ışık, fungal gelişmeyi etkilemekte ve metabolizmayı, hif gelişimini, eşeyli üremeyi ve fungal sporülasyonu doğrudan engelleyebilmekte, ayrıca virülensi azaltabilmektedir. Işığın

funguslar üzerindeki bu etkileri *Aspergillus carbonarius* (Cheong ve ark., 2016), *Alternaria alternata* (Hubballi ve ark., 2010), *B. cinerea* (Canessa ve ark., 2013; Zhu ve ark., 2013; Schumacher ve ark., 2014; Caires ve ark., 2015), *Botryodiplodia theobromae* (Alam ve ark., 2001), *Bremia lactucae* (Nordskog ve ark., 2007), *Cryptonectria parasitica* (Hillman ve ark., 1990), *Colletotrichum acutatum* (Yu ve ark., 2013), *Fusarium verticillioides* (Velmurugan ve ark., 2010), *Fusarium graminearum* (Beyer ve ark., 2004), *Magnaporthe oryzae* (Lee ve ark., 2006), *Phakopsora pachyrhizi* (Li ve ark., 2010), *Puccinia hemerocallidis* (Mueller ve Buck, 2003; Dong ve Buck, 2011) *Peronospora belbahrii* (Cohen ve ark., 2013) ve *Plasmopara viticola* (Rumbolz ve ark., 2002) türleri için kanıtlanmıştır.

Fungusların virülensi üzerine ışığın etkisi konusunda net bilgiler bulunmamakla birlikte, *Botritis cinerea* ile yapılan bir çalışmada transkripsiyon faktörü BcLTF1'in virülensi ve ışığa tepkiyi düzenlediği belirlenmiştir. BcLTF1 geninin kodladığı *bcvell* proteini ışığa bağlı olarak *B. cineria*'nın virülensini azaltmaktadır (Schumacher ve ark., 2014).

Işık sadece gen ekspresyonunun kontrolü yoluyla fungusların yaşam döngüsünü düzenlemekle kalmamakta aynı zamanda sporulasyon, primer metabolik yollar ve sekonder metabolit üretimi üzerinde de önemli bir etki göstermektedir. Yine de funguslarda flavin bağlayan mavi ışık reseptörleri, retinal içeren yeşil ışık sensörleri ve kromoforun fonksiyonel parçası olan liner bir tetrapirellü sensör içeren kırmızı ışık proteinleri gibi çok az farklı fotoreseptör tanımlanmıştır. Mavi ve kırmızı ışık reseptörleri, hücrel fonksiyonlara sahiptir ve farklı genlerin ekspresyonunu, metabolik ve morfojenetik yollarını doğrudan düzenleyebilmektedir (Thind ve Schilder, 2018; Yu ve Fischer, 2019).

Yapılan bir çalışmada elma meyvesinde patojen olan *Penicillium expansum* sporlarına karşı fotodinamik teknolojinin (PDT) antifungal

etkisi ve mekanizması araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre PDT'nin fungal sporları %99.7 oranında inaktive ettiği ve spor çimlenmesini, misel büyümesini ve elma meyvesindeki mavi küf çürüklük etmeninin hastalık şiddetini engellediği ortaya çıkmıştır. Işık teknolojisinin (PDT) sporların oksidatif hasarına ve hücre yapısının bozulmasına neden olan reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu indüklediği bildirilmiştir. Ayrıca PDT tarafından indüklenen hücre ölümü incelendiğinde, ışık teknolojisinin kısa süreli ani hücre ölümü, uzun süreli ise nekroz oluşumu yaptığı bildirilmiştir. PDT işlemi iki değişken şeklinde uygulanmıştır. İlki 0-500 $\mu\text{mol L}^{-1}$ aralığındaki kurkumin konsantrasyonu, diğeri ise 0 ila 30 dakika arasında aydınlatma süresidir. Fungal sporlar PDB ortamında 6 saat süreyle aktive edilmiş, ardından santrifüjlenerek steril su ile yeniden süspansiyon edilmiştir. 1 ml spor süspansiyonu (1×10^5 cfu ml^{-1}), karanlıkta 30 dakika boyunca farklı kurkumin konsantrasyonları (0, 50, 100, 200, 300, 400, 500 $\mu\text{mol L}^{-1}$) ile inkube edilmiştir. Daha sonra sırasıyla farklı sürelerde (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 dk) 420 nm LED ışığına maruz bırakılmıştır. Yapılan bu çalışmada sabit 100 $\mu\text{mol L}^{-1}$ kurkumin konsantrasyonunda süre farketmeksizin uygulanan LED ışığı altında sporların inaktivasyonu için yeterli olduğu bildirilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar meyve ve sebzelerin hasat sonrası hastalıklarının kontrolünde ışık teknolojilerinden (PDT) daha fazla yararlanmak gerektiğini ortaya çıkarmıştır (Song ve ark., 2020).

Bitki patojeni virüsler üzerinde ışığın etkisi genellikle bitki savunma sistemini harekete geçirmesi yoluyla olmaktadır. Mavi ışık, *Nicotina tabacum* ve *Cucumber mosaic virus* (CMV) arasındaki etkileşimi engelleyici olarak kullanılabilir. Mavi ışık altındaki bitkiler beyaz ışık altındakilerle karşılaştırıldığında, mavi ışığın CMV replikasyonunu geciktirdiği, sitokin ve salisilik asit seviyesini arttırdığı, ROS tutucu enzim ve antioksidatif metabolizmaların aktivasyonunu sağladığı rapor edilmiştir (Chen ve ark., 2015).

Yapılan başka bir çalışmada, mavi/UV-A ışığın altındaki biber bitkilerinde *Tomato mosaic virus* (ToMV) hastalık belirtilerinin daha yavaş geliştiği ve enfeksiyonun bitki büyümesini daha az etkilediği belirlenmiştir. Bu veriler, uygun ışıkla tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi ve en başarılı sonuçların belirlenmesine özen gösterilmesi şartıyla spektral değişimlerin entegre hastalık yönetim sisteminin parçası olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Johkan ve ark., 2010).

4. LED TEKNOLOJİSİNİN BİTKİ HASTALIKLARINA KARŞI KULLANIMI

Modern tarımda, bitkilerin fotosentez aktivitesini ve verimini arttırmak için doğal güneş ışığına ek olarak genellikle yapay ışık kaynakları kullanılmaktadır (Massa ve ark., 2008). Piyasada 350'den 750 nm'ye kadar geniş bir dalga boyu aralığına sahip floresan, metal halojen, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar ve akkor telli lambalar hâlihazırda mevcuttur. Bununla birlikte, yukarıdan yayılan fotosentetik olarak aktif radyasyon, bitkiye ulaşmadan sınırlandırılabilen ve bu durumda kullanılan ışık, yüksek verimli olma özelliği hedefine ulaşmamaktadır (Olle ve Virşile, 2013).

Tablo 1. Bitki yetiştiriciliğinde kullanılan lambaların teknik özelliklerinin karşılaştırılması (Çağlayan ve Ertekin, 2010).

Teknik Özellik	Akkor telli	Metal halojen	Kompakt flüorışıl (floresan)	Yüksek basınçlı sodyum buharlı	LED
Işık verimi (lm. W ⁻¹)	10-22	75-125	70-120	100-150	80-160
Giriş gücü (W)	20-60	150-1200	10-50	50-600	0.2-100
Çevreye verdiği kirlilik	Yok	Ar, Hg	Az miktarda Hg	Na, Ne, Ar, Hg	Yok

Elektronik balast	Gerek Yok	Akım kontrolü için gerekli	Yapısında mevcut	Gerekli	Sabit akımlı sürücü gerekli
CRI	100	70-95	80-90	25-85	65-97
Lamba ömrü (saat)	1000	1500-7000	4000-15000	10000-15000	50000
CCT (K)	2700	3800-7000	2700-5000	2000-3000	2700-8000
Ayarlanabilirlik (%)	0-100	50-100	3-100 sürekli ayar yapmak zarar verir	50-100	0.1-100

Lm. W⁻¹: Işık verimi, CRI: Renksel geriverim indeksi, CCT: Renk ve renk sıcaklığı.

Işık yayan diyot (LED) teknolojisi, bu anlamda bitkisel üretimi iyileştirmek için ekonomik olarak uygun bir seçenek sunmaktadır. LED, UV-C'den (250 nm) kızılötesine (1.000 nm) kadar geniş dalga boyu aralığında ışık yayan benzersiz bir yarı iletken diyot türüdür (Bourget, 2008). Ayrıca, LED teknolojisi diğer ışık kaynaklarıyla karşılaştırıldığında (Tablo 1) diğer bazı avantajlara da sahiptir. Nispeten ucuz olması enerji tasarrufu sağlaması, fonksiyonel olması, kırılğan olmaması, az miktarda ısı yayması, zararlı olmaması ve dijital kontrol sistemlerine entegre edilebilmesi bu avantajlar arasında en önemlileridir (Morrow, 2008; Olle ve Viršile, 2013; Singh ve ark., 2015).

LED'ler bitkilerin üretim dönemi boyunca ışık spektrumunun kontrol edilebildiği ilk ışık kaynaklarıdır. Bu nedenle, fotosentez, fotomorfogenez, çiçeklenme, metabolit üretimi ve bitki savunması gibi bitkilerin biyolojik süreçlerinde hassas ışık değişimleri sağlamak amacıyla kullanılabilir. Spektral kalite ve ışık yoğunluğunun hassas bir şekilde değiştirilmesiyle bitkilerin ve konukçusu olduğu patojenlerin bu değişimlere verdiği tepkiler hakkında temel bilgi

açığının giderilmesi gerekmektedir (Davis ve Burns, 2016; Gomez ve Izzo, 2018).

LED'lerin kullanımı bitki büyümesi, gelişimi ve veriminin düzenlenmesi kadar patojenlere karşı bitki savunmasının düzenlenmesi için de bazı çevre dostu ve sürdürülebilir sonuçlar sunmaktadır. Ayrıca LED aydınlatma sistemleri, tamamlayıcı bir ışık kaynağı olarak ve akıllı ışık sistemlerinin kullanıldığı konvansiyonel ve kentsel tarımda dikey tarım uygulamaları ve hastalık/zararlı kontrolünde kullanılabilir (Olle ve Viršile, 2013; Davis ve Burns, 2016; Gomez ve Izzo, 2018; Wu ve ark., 2020). Tarımsal üretimde kullanılan LED lamba tipleri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Tarımsal uygulamalarda kullanılan LED lamba tipleri. a) UFO olarak adlandırılan yuvarlak lambalar, b) light bar denilen çubuk tipi lambalar, c) panel tipi LED lambalar (Çağlayan, 2013).

LED teknolojisi, günlük aydınlatmada kullanılabildiği gibi aynı zamanda farklı spektrumlara sahip fotoperiyodik aydınlatma sağlayabilmektedir. Bu uygulamalar seracılık ve bahçe bitkileri teknolojilerinde devrim yaratıcı sonuçlar ortaya koyabilmektedir. LED ışıkların sağladığı ışık yoğunluğu ve kalitesi hassas ve spesifik şekilde değiştirilerek yeni bir hastalık yönetimi stratejisi oluşturulabileceği önerilmekle birlikte, ışığın bitki hastalıklarına fiziksel ve moleküler etki mekanizması hala tam olarak aydınlatılamamıştır (Demotes-Mainard ve ark., 2016). Bu nedenle hem konukçuda hem de belirli patojenler üzerinde farklı spektral özelliklere sahip ışığın neden olduğu moleküler, biyokimyasal ve fizyolojik değişimlerin araştırılabilmesi için ışığın

bitki hastalıkları yönetiminde tamamlayıcı aydınlatma, ara aydınlatma ve gece aydınlatması olarak uygulanması gerekmektedir (Galle ve ark., 2021).

Hasat Sonrası Ürün Kayıplarını Önlemek İçin LED Teknolojisi

LED teknolojisi alanında yapılan hasat sonrası çalışmaların en önemli amacı, kalite ve kantite olarak hasat sonrası kayıpları en aza indirmektir. Hasat sonrasında ürünlerdeki kalite; ürünün görseelliği, tekstürünün düzgün olması, besin ve tat kalitesi, patojenlerden arındırılmış olması ile mikroorganizmaların gıdada gelişmesinin engellenmesi gibi verilerle anlam kazanmaktadır. Özellikle hasat sonrası gelişen patojen grupları içinde fungal hastalıklar çok önemli bir yere sahiptir (Kader ve Rolle, 2004). Fungal organizmaların gelişimi için sıcaklık, nem, uygun konukçu ve çevre koşulları gereklidir. Hasat sonrası depolama alanlarında ise bu koşullar patojenin konukçu bitki dokusunda yaşamını sürdürmesi için yeterince elverişlidir.

Yapılan bir çalışmada satsuma mandarinlerinde (*Citrus unshiu* Marc.) mavi küf etmeni *Penicillium italicum*'u önlemek için hasat sonrası mavi LED ışığın (maksimum yayılan dalga boyu 465 nm, $80\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) etkisi incelenmiştir. *Penicillium italicum* ile inokulasyondan itibaren 6 gün süreyle mavi LED ışığı uygulaması meyvelerde simptom oluşumunu karanlıkta depolananlara göre azaltmıştır. Mavi LED ışığı etmenin sporulasyona geçmesini ve misel oluşturmasını önemli ölçüde sınırlandırmıştır. İnokulasyondan 6 gün önce mavi LED uygulaması meyveler üzerinde hastalık belirtilerinin oluşmasını önemli oranda azaltmıştır. Hastalık gelişimini engelleme durumuna bakılırken aynı zamanda mavi LED ışığın meyve kalitesi üzerinde olumsuz etkisinin olup olmadığına da bakılmıştır. Uygulamanın sitrik asit konsantrasyonu ve su kaybı dışında meyve kalitesini etkilemediği görülmüştür. Elde edilen bu sonuç ile satsuma

mandarinlerinde mavi ışığın fungal etmenin gelişimini doğrudan sınırlandırdığı ve etmene karşı antifungal bir etki gösterdiği ortaya konmuştur (Yamaga ve ark., 2015).

LED aydınlatma teknolojisinde ilk olarak kırmızı ışık geliştirilmiştir. Bu nedenle yapılan çalışmalar daha çok bu yönde olmuş, daha sonra mavi, yeşil ve sarı LED'lerin geliştirilmesi ile yeni çalışmalar mümkün olmuştur. LED aydınlatma teknolojisi hasat sonrası dönemde ürün kalitesini, renklenmenin artırılması, flavonoid, antosiyanin gibi antioksidant sentezinin teşvik edilmesi, olgunlaşmanın hızlandırılması, ürün yüzeyindeki mikroorganizma gelişiminin azaltılmasını sağlayarak korumaktadır (Kasım ve Kasım, 2016). Fakat yapılan çalışmalara bakıldığında sayı olarak sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu teknolojinin etkilerinin daha net ortaya konması ve kullanılabilirliğinin desteklenmesi için yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar LED teknolojisinin ürün depolama esnasında taze ürün tedarik edilebilmesini ve soğuk hava depolarında umut verici koruma yöntemlerinden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Yapılan bir çalışmada, LED teknolojisinin depolama esnasında hastalısız ve temiz meyvenin piyasaya sunulmasında en önemli iki değişken olan sıcaklık ve nisbi nem ile fungal çürüklük patojenlerinin üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İn-vitro koşullarda hasat sonrası en çok görülen patojenler olan *Botrytis cinerea* ve *Rhizopus stolonifer* etmenleri seçilerek, üç farklı sıcaklık seviyesinde (7, 16 ve 25 °C) 405 nm LED teknolojisi uygulanmıştır. Deneme için %40, %60 ve %80 olmak üzere üç farklı nem oranı uygulanmıştır. Uygulanan ışık seviyesinde ve farklı nem oranlarında meyve yüzeylerindeki fungal sporların inaktivasyon oranları takip edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda tüm sıcaklık derecelerinde ve bağıl nem oranlarında, 405 nm olarak uygulanan ışık teknolojisinin *Botrytis cinerea* ve *Rhizopus stolonifer* etmenlerinin meyve üzerindeki küf popülasyonlarında %94'ten fazla

azalmaya neden olduğu saptanmıştır. İn vivo koşullarda ise meyve yüzeylerindeki antifungal etki araştırıldığında, 405 nm aydınlatmanın, çileklerde *B. cinerea* popülasyonunu %67, *R. stolonifer* popülasyonunu ise %19 oranında azalttığı, domates bitkisinde ise inaktivasyon oranlarının sırasıyla %79 ve %70 olduğu saptanmıştır (Ghate ve ark., 2021).

Hasat sonrası domates meyvesinde yapılan bir araştırmada, UV-C tarafından indüklenen hücre duvarı modifikasyonlarının biyokimyasal yanıtı ve histokimyasal teknikler araştırılmıştır. Çalışmada 3,7 kJ/m²'lik öldürücü doz ile UV-C uygulamasının, domates bitkisinin epikarp ve mezokarp hücrelerinde fenolik bileşiklerin biyosentezini uyardığı saptanmıştır. Ayrıca ışık uygulaması ile lignifikasyon ve suberizasyon yoluyla hücre duvarının biyokimyasal yanıtı da indüklenmiştir. Fenilpropanoid yolunun aktivasyonundan kaynaklanan bu tepkiler, UV tedavisi ile indüklenen hücre duvarı yığılma bölgesinde lokalize edilmiştir. Bu tepkilerin yoğunluğu, *Botrytis cinerea* enfeksiyonuna yanıt olarak UV-C ile muamele edilmiş meyve dokusunda önemli ölçüde artmıştır. Bu tepkiler inokule edilmiş fakat UV-C ile muamele edilmemiş meyvelerde de indüklenmiştir. UV-C işlemi görmemiş meyvelerde fenolikler, lignifikasyon ve suberizasyon yanıtları istenen oranda olmayıp küçük veya gecikmeli olarak oluşmuştur (Charles ve ark., 2008).

Türkiye’de yürütülen başka bir çalışmada "Sultani Çekirdeksiz" üzüm çeşidinin muhafazasında gri küften kaynaklanan çürüme ve kalite kayıplarının önlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmaya konu olan üzüm çeşidi 84 gün UV-C uygulaması yapılarak muhafaza edilmiştir. Çalışma süresince üzüm tanelerinde uygulama öncesi, uygulama sonrası, 21., 42., 63. ve 84. gün analizleri ve her analiz döneminde de üzüm tanelerindeki kimyasal ve fiziksel değişimler [ağırlık kaybı (%), pH, titre edilebilir asit (TEA) (%), invert şeker (g/100 g), toplam şeker

(g/100 g), suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) (%), tane kabuk rengi (L, a, b), genel görünüm ve tat, çürük meyve yüzdesi (%), mikroorganizma popülasyonu (\log cfu/dane)] belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, muhafazanın 84. gününde, uygulamaların kalite kaybı ve çürümelere engellemede yetersiz kaldığı; özellikle 63. gün muhafaza döneminde UV-C uygulamalarının kontrol meyvelerine göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, 100 cm (0.25 kJ/m^2) UV-C uygulamasının diğer uygulamalar arasında daha başarılı olduğu da belirlenmiştir (Akbudak ve Karabulut, 2002).

Soğanlı bir süs bitkisi olan glayölde yürütülen bir çalışmada, bitki *Fusarium oxysporum* f.sp. *gladioli* ile inokule edilmiş, arkasından sıcak su, UV-C ve *Hyptis suaveolens* uçucu yağı ile muamele edilmiştir. Her bir uygulama şekli tek başına ve kombinasyon halinde yapılmıştır. Yapılan uygulamalar depolamadan sonra 4. ve 12. haftalarda patojenin popülasyon artışını kontrol etmek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada sıcak su, UV-C ve uçucu yağın in-vitro ekinlikleri test edilmiş ve $55 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 25 dakika sıcak su ve $3,63 \text{ kJ m}^2$ dozunda UV-C uygulamasının patojenin konidilerinin çimlenmesini engellemede etkili olduğu görülmüştür. Uçucu yağın in-vitro testlerde fungitoksik etkisi araştırılmış, $0,6 \text{ } \mu\text{L cm}^3$ dozun patojenin büyümesini tamamen durdurduğu, $0,4 \text{ } \mu\text{L cm}^3$ dozun ise konidi çimlenmesini tamamen engellediği gözlenmiştir. Sıcak su, UV-C ve uçucu yağın in-vivo testler ile de etkinlikleri araştırılmış, 4 ve 12 haftalık depolama sürelerinden sonra patojenin koloni oluşturma birimleri (cfu g^{-1}) hesaplanmıştır. Uygulama sonuçlarına göre; $55 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 30 dakika boyunca tek başına sıcak su, pozitif kontrol ile karşılaştırıldığında koloni oluşumu önemli ölçüde azalmıştır. UV-C uygulaması (doz $4,98 \text{ kJ m}^2$) patojen popülasyonunu baskılamak için yeterli olmuştur. 2 hafta boyunca $0,8 \text{ } \mu\text{L cm}^3$ 'lük uçucu yağ uygulamasının, depolama sırasında patojen popülasyonunu önemli ölçüde azalttığı gözlenmiştir. 4 ve 12 haftalık depolama sürelerinden sonra 2 haftalık entegre olarak uygulanan sıcak

su (55 °C, 30 dakika), UV-C (doz 4,98 kJ m²) ve uçucu yağ (0.8 µl cm³) uygulamasının tek başına yapılan uygulamalardan daha etkili olduğu saptanmıştır (Sharma ve Tripathi, 2008).

Aydınlatma Süresinin Hastalık Gelişimine Etkisi

Ganesh, 2013 yılında külleme etmeniyle inoküle edilen ve enfekteli 16 saat kırmızı LED ışık altında büyüme odalarında yetiştirilen domates bitkileri üzerine yaptığı bir çalışmada, inoküle edilmiş bitkilerde küllemenin azaldığını ve inoküle edilmemiş bitkilerde ise hastalığın hiç görülmediğini saptamıştır. Bitkinin her kısmında açıkça görülen hastalık gelişimindeki bu azalma hem konidi gelişimi hem de enfeksiyon şiddetindeki gerilemeden kaynaklanabilmektedir. Gece kesintisi olmadan 16 saatlik HPS (yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba) ışık ile aydınlatmaya göre 16 saatlik kırmızı LED ışık ile aydınlatma külleme hastalığını azaltma anlamında daha başarılı olmuştur. Bu sonuç, küllemenin kırmızı ışığa daha hassas olduğunu göstermektedir. Gece kesintisi olmadan 16 saatlik kırmızı LED ışık altında yetiştirilen bitkilerde hastalık şiddetinde önemli bir azalma olduğu çalışmada açıkça gözlenmiştir.

Petterson ve ark. (2010) yürüttükleri başka bir çalışmada ise 6 saatlik karanlık ve 16 saat HPS ile aydınlatma periyodunun kesintisiz HPS aydınlatmaya göre gül küllemesi hastalığında artışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. Cole ve Gerlings (1976) çalışmasında aydınlatma altında karanlık periyoda göre konidi gelişiminin daha hızlı olduğunu ve tütün küllemesinde konidilerin ışıklı periyotta daha hızlı yayıldığını belirtmişlerdir. Bu sonuçlar Ganesh (2013)'in HPS ışığın domateste külleme hastalığının gelişimi üzerine pozitif etkisinin olduğunu belirttiği çalışmasını desteklemektedir. 20-24 saatlik gün uzunluğunun gülde külleme gelişimini güçlü bir şekilde baskıladığı açıkça gösterilmiştir (Suthaparan ve ark., 2010). Aynı çalışmada gün

uzunluğu 18-24 saate çıkarıldığında külleme konidilerinin gelişiminde önemli bir azalma olduğu bulunmuştur.

Işığın konidi üretiminin farklı aşamalarındaki rolü türden türe değişmektedir (Carver ve Carr, 2008). Külleme hastalığı ışıktan bağımsız olarak sürekli ışıklandırma, karanlık ve belirli süre aydınlık belirli süre karanlıktan oluşan periyotlarda gelişebilmektedir. Ancak *Erysiphe polygoni* konidilerinin oluşabilmesi doğrudan ışığa bağlıdır (Pady ve ark. 1969).

Işığın Dalga Boyunun ve Spektrumunun Hastalık Gelişimi Üzerine Etkisi

Işığın spesifik dalga boyları özellikle de kırmızı, mavi ve yeşil LED'ler, çok farklı patojenlere karşı bitkilerde hastalığa dayanımı teşvik edebilmektedir (Islam ve ark., 1998; Rahman ve ark., 2003; Ahn ve ark., 2013; Kudo ve ark., 2011; Kim ve ark., 2013). Beyaz florasan ışık altındaki etkiyle karşılaştırıldığında kırmızı ışık, lezyon gelişimi engellemekte, savunmayla alakalı genlerin ifadesine neden olmakta ve ayrıca fitoaleksinlerin sentezini desteklemektedir (Ahn ve ark., 2015).

Fitoaleksinler, bitki savunma tepkilerinin oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır (Jeandet ve ark., 2002). Bitkisel ürünlerin LED aydınlatma kullanılarak farklı dalga boylarındaki ışığa maruz bırakılmasının ardından savunmayla alakalı 16 genin yüksek seviyelerde ifade edilmesiyle birlikte fitoaleksin sentezinin arttığı gözlenmiştir (Ahn ve ark., 2013; Ahn ve ark., 2015). Buna ek olarak ginseng bitkileriyle yapılan bir çalışmada LED'lerin ginsenoid biyosentezini de arttırabildiği rapor edilmiştir (Ali ve ark., 2006).

Tablo 2. Farklı dalga boylarındaki ışığın doğrudan bitki patojenleri, bitki-patojen etkileşimleri ve bitkinin savunması üzerine etkileri (Carvalho and Castillo, 2018).

Işığın Dalga Boyu	Konukçu- Patojen	Etkisi
Beyaz	Buğday- <i>Fusarium graminearum</i>	Mikotoksin deoksinivalenol için savunma geni ifadesinin kontrolü
UV	Arabidopsis- <i>Botrytis cinerea</i>	Sinapik asit esteri yoluyla <i>B. cinerea</i> 'ya dayanıklılık
	Mısır- <i>Cochliobolus heterostrophus</i>	Yüksek bakteri çeşitliliği ve yaprak yanıklığı hastalığına düşük direnç
	Soya fasulyesi- <i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Hastalığa dayanıklılık
Mavi	Bağ- <i>Botrytis cinerea</i>	Gri küf hastalığının gelişiminde azalma
	Marul- <i>Botrytis cinerea</i>	Gri küf hastalığının gelişiminde azalma
	Tütün- <i>Cucumber mosaic virus</i>	Virüsün bitki içinde yayılımının engellenmesi
	Domates- <i>Botrytis cinerea</i>	Gri küf hastalığının gelişiminde azalma
Kırmızı	Arabidopsis- <i>Pseudomonas syringae</i>	Patojene dayanıklılık
	Bakla- <i>Botrytis cinerea</i>	Hastalık gelişiminde azalma
	Hıyar- <i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Külleme hastalığına dayanıklılık
	Bağ- <i>Botrytis cinerea</i>	Gri küf hastalığının gelişiminde azalma
	Domates- <i>Botrytis cinerea</i>	Gri küf hastalığının gelişiminde azalma
	Tütün- <i>Cucumber mosaic virus</i>	Virüsün bitki içinde yayılımının engellenmesi
Kırmızı (R)/ Kırmızı Ötesi (FR)	Arabidopsis- <i>Pseudomonas syringae</i>	Düşük R/FR oranında etmene dayanıklılıkta azalma
	Arabidopsis- <i>Botrytis cinerea</i>	Düşük R/FR oranında etmene hassasiyetin artması

	Reyhan- <i>Botrytis cinerea</i>	Bitki dikim sıklığının azaltılmasıyla hastalıkta azalma
	Çilek- <i>Botrytis cinerea</i>	Hastalık gelişiminde azalma
Yeşil	Domates- <i>Pseudomonas cichorii</i>	Hastalıkta azalma

LED aydınlatması ile bitki hastalıkları arasındaki ilişkiyi incelemek üzere yapılan bazı çalışmalarda farklı dalga boylarındaki ışığın etkisi Tablo 2’de özetlenmiştir.

Işık Yoğunluğunun ve Spektral Kalitesinin Hastalık Gelişimi Üzerine Etkisi

Bitki hastalıklarının gelişiminde sadece aydınlatma süresi ve ışığın dalga boyunun değil aynı zamanda ışık kalitesinin de etkileri bulunmaktadır. Fotosentez için bitkiler tarafından en etkin olarak kullanılan ve PAR olarak bilinen 380-760 nm dalga boyları arasında yer alan özellikle kırmızı (650-700 nm) ve mavi ışık (460-480 nm) hastalık gelişimi üzerinde de oldukça etkilidir. Bazı durumlarda, özellikle ışık kalitesinin belirli dalga boylarının bağıl etkilerini arttırmak için değiştirilmesi gerekebilmektedir. Örneğin mavi ışığın artırılması ve kırmızı ötesi ışığın azaltılması sonucunda; kısa, kuvvetli ve koyu renkli bitkiler elde edilebilmektedir. Işık kalitesi aynı zamanda *Botrytis* gibi bazı hastalıkların gelişmesini de etkilemektedir. Bu amaçla çok dar dalga boylarında LED’ler kullanılabilir (Öztürk, 2008).

Farklı ışık yoğunluğuna sahip LED’ler kullanılarak bitki hastalıklarına etkilerinin araştırıldığı çalışmalar da yapılmıştır. UV ışığın fungal etmenlerin gelişimini baskıladığı ve fungal türler üzerinde öldürücü etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Örneğin külleme etmeni düşük ışık yoğunluğuna sahip UV-B (280-315 nm)’ye kısa süreli maruz bırakıldığında gelişimi baskılanmakta hatta yok edilebilmektedir (Ganesh, 2013).

Bazı bitki aydınlatma kaynakları, kontrollü ekolojik yaşam destek sistemlerinde (CELSS) kullanılmaya elverişlidir (Barta ve ark.,1992; Sager ve Wheeler, 1992). Bu tip sistemlerde LED'lerin kullanılması diğer HPS ışık kaynaklarına göre uzun ömürlü olmaları ve yüksek ışık yoğunluğuna sahip olmaları nedeniyle avantaj sağlamaktadır (Bula ve ark., 1991; Barta ve ark., 1992). Ayrıca LED'ler spesifik dalga boylarında ve farklı ışık yoğunluğu altında çalışılarak bitki türleri için optimum koşulların sağlanmasına olanak tanımaktadır.

Kontrollü yaşam destek sistemlerindeki bitkiler belki farklı patojenler tarafından kolonize edilecektir, ancak uygun dalga boyunda ve ışık yoğunluğunda aydınlatma yapılmasıyla hastalık şiddetlerini düşürmek mümkün olacaktır (Gonzales ve ark., 1996). Bitki hastalıklarının gelişimini engelleyen spesifik spektral özelliklere sahip LED dizileri, CELSS'lerdeki entegre zararlı yönetimi programlarında oldukça kullanışlı çıktılar vermektedir. Örneğin, spektral kalite patojenlere mücadelede bitki dayanımını değiştirebilecek önemli bir etkiye sahip olabilmektedir. Bu nedenle, bazı bitki patojeni fungus, bakteri ve virüsler primer ışık kaynağının spektral kalitesinden etkilenmektedir (Vakalounkis, 1992; Guo ve ark., 1993; Thomas ve ark., 1998).

Seralarda UV-A (320-400nm) absorbe eden vinil filmlerle kaplama yapılması durumunda çeşitli bitkilerin yapraklarında belirtilere neden olan fungal hastalıkların baskılanabileceği rapor edilmiştir (Honda ve Nemoto, 1985). Düşük seviyelerde uygulanan UV-A veya mavi ışık, fungal patojenlerin sporulasyonunu ve spor çimlenmesini baskılayarak hastalık kontrolü sağlamıştır (Vakalounakis ve Christias, 1981).

Montes ve Pagan (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada bitki toleransını artıran ışık yoğunluğu koşullarının virüslerin tohumla taşınmasını teşvik edip etmediği test edilmiştir. Çalışmada *Turnip mosaic virus* (TuMV) ve *Cucumber mosaic virus* (CMV) ile enfekte

edilen 18 *Arabidopsis thaliana* aksasyonu yüksek ve düşük ışık yoğunluğuna maruz bırakılmıştır. Sonuçlar daha yüksek ışık yoğunluklarının TuMV'nin çoğalmasını ve/veya virüsün tohumla daha etkin bir şekilde taşınmasını sağlayan bitki toleransını arttırdığını göstermiştir. CMV'de ise tam tersi bir durum söz konusu olmuş, daha yüksek yoğunluklu ışığa maruz kalan bitkilerde CMV çoğalmasının azaldığı ve tohumla taşınmaya ışık yoğunluğunun etki etmediği gözlenmiştir.

SONUÇ

Işık uygulamaları verim ve kaliteyi artırmanın yanı sıra, bitkinin fizyolojik tepkilerinde de farklılıklara neden olabilmektedir. LED teknolojisinin tarım alanlarında kullanılmaya başlamasıyla LED ışığının hangi seviyelerde kullanılması gerektiği, ışığın en etkili değerinin ne olduğu ve LED teknolojilerinin uygulaması için maliyetin azaltılması konusunda araştırmalar yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Çağlayan ve Ertekin, 2018).

LED'lerin kullanımı bitki büyümesi, gelişimi ve veriminin düzenlenmesi kadar patojenlere karşı bitki savunmasının düzenlenmesi için de bazı çevre dostu ve sürdürülebilir sonuçlar sunmaktadır (Olle ve Virşile, 2013; Davis ve Burns, 2016; Gomez ve Izzo, 2018; Wu ve ark., 2020).

LED ışıkların sağladığı ışık yoğunluğu ve kalitesi hassas ve spesifik şekilde değiştirilerek yeni bir hastalık yönetimi stratejisi oluşturulabileceği önerilmekle birlikte, ışığın bitki hastalıklarına fiziksel ve moleküler etki mekanizması hala tam olarak aydınlatılmadığı (Demotes-Mainard ve ark., 2016) için yapılan araştırmalarla konuyla ilgili bilgi açığının kapatılması önemli olacaktır.

KAYNAKÇA

- Ahn, S.Y., Kim, S.A., Baek, K.H., Yun, H.K. (2013). Inhibiting wildfire and inducing defense-related gene expression by led treatment on *Nicotiana benthamiana*. *J. Plant Pathol.*, 95: 477–483.
- Ahn, S.Y., Kim, S.A., Yun, H.K. (2015). Inhibition of *Botrytis cinerea* and accumulation of stilbene compounds by light-emitting diodes of grapevine leaves and differential expression of defense-related genes. *Eur. J. Plant Pathol.*, 143: 753–765.
- Akbudak, B. ve Karabulut, Ö.A. (2002). Üzüm muhafazasında Gri Küf'den (*Botrytis cinerea* Pers: Fr.) kaynaklanan kalite kaybı ve çürümelerin Ultraviolet-C (UV-C) ışık uygulamaları ile önlenmesi üzerine bir araştırma. *Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 16 (2): 35-46.
- Alam, M. S., Begum, M. F., Sarkar, M. A., Islam, M. R., and Alam, M. S. (2001). Effect of temperature, light and media on growth, sporulation, formation of pigments and pycnidia of *Botryodiplodia theobromae* pat. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4 (10): 1224–1227.
- Ali, M.B., Yu, K.-W., Hahn, E.-J., and Paek, K.Y. (2006). Methyl jasmonate and salicylic acid elicitation induces ginsenosides accumulation, enzymatic and non-enzymatic antioxidant in suspension culture *Panax ginseng* roots in bioreactors. *Plant Cell Rep.*, 25: 613–620.
- Ballaré, C. L. (2014). Light regulation of plant defense. *Annual Review of Plant Biology*, 65: 335–363.
- Barta, D.J., Tibbits, T.W., Bula R.J., and Morrow, R.C. (1992). Evaluation of light emitting diode characteristics for space based plant irradiation source. *Adv.space Res.*, 121: 141-149.
- Beyer, M., Röding, S., Ludewig, A., and Verreet, J.A. (2004). Germination and survival of *Fusarium graminearum* macroconidia as affected by environmental factors. *Journal of Phytopathology*, 152 (2): 92–97.
- Bourget, C.M. (2008). An introduction to light-emitting diodes. *HortScience*, 43 (7): 1944–1946.
- Bula, R.J., Morrow, R.C., Tibbites, T.W., Barta, D.J., Ignatius, R.W., and Martin, T.S. (1991). Light emitting diodes as a radiation source for plants. *Hort science*, 26: 203-205.

- Caires, N.P., Rodrigues, F.A., and Furtado, G.Q. (2015). Infection process of *Botrytis cinerea* on Eucalypt leaves. *Journal of Phytopathology*, 163 (7–8): 604–611.
- Canessa, P., Schumacher, J., Hevia, M. A., Tudzynski, P., and Larrondo, L. F. (2013). Assessing the effects of light on differentiation and virulence of the plant pathogen *Botrytis cinerea*: Characterization of the white collar complex. *PLoS One*, 8 (12): e84223.
- Carvalho, S.D., and Castillo, J.A. (2018). Influence of light on plant–phyllosphere interaction. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1482-1498.
- Carver, T. and Carr, A. (2008). The early stages of mildew colony development on susceptible oats. *Annals of Applied Biology*, 89(2): 201-209.
- Casal, J.J. (2013). Photoreceptor signaling networks in plant responses to shade. *Annual Review of Plant Biology*, 64: 403–427.
- Chagué, V., Danit, L. V., Siewers, V., Gronover, C. S., Tudzynski, P., Tudzynski, B., & Sharon, A. (2006). Ethylene sensing and gene activation in *Botrytis cinerea*: A missing link in ethylene regulation of fungus-plant interactions, *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 19 (1): 33–42.
- Chandra-Shekara, A.C., Manisha, G., Navarre, D., Raina, S., Raina, R., Klessig, D., and Kachroo, P. (2006). Light-dependent hypersensitive response and resistance signaling against *Turnip crinkle virus* in *Arabidopsis*. *Plant J.*, 45: 320–334.
- Charles, M. T., Goulet, A., and Arul, J. (2008). Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit: IV. Biochemical modification of structural barriers. *Postharvest Biology and Technology*, 47 (1): 41-53.
- Chen, L.J., Zhao, F.F., Zhang, M., Lin, H.H., and Xi, D.H. (2015). Effects of light quality on the interaction between *Cucumber mosaic virus* and *Nicotiana tabacum*. *Journal of Phytopathology*, 163 (11–12): 1002–1013.
- Cheong, K. K., Strub, C., Montet, D., Durand, N., Alter, P., Meile, J. C., ... Fontana, A. (2016). Effect of different light wavelengths on the growth

- and ochratoxin a production in *Aspergillus carbonarius* and *Aspergillus westerdijkiae*. *Fungal Biology*, 120 (5): 745–751.
- Cohen, Y., Vaknin, M., Ben-Naim, Y., and Rubin, A.E. (2013). Light suppresses sporulation and epidemics of *Peronospora belbahrii*. *PLoS One*, 8 (11): 1–12.
- Cole, J., and Geerligs, J. (1976). Time-lapse photography of formation and release of conidia of *Erysiphe cichoracearum* on tobacco. *Transactions of the British Mycological Society*, 67 (2): 339-342.
- Çağlayan, N. ve Ertekin, C. (2010). Using of LED lighting technologies to substitute traditional lighting systems in greenhouse, *Energetic and Ecological Aspects of Agricultural Production*, Chapter 9, ISBN 978-83-928876-5-2, Warsaw, Poland.
- Çağlayan, N. (2013). Seralar için led lambalı aydınlatma otomasyon sisteminin tasarlanması ve uygulanması. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Antalya.
- Çağlayan, N., ve Ertekin, C. (2018). Farklı dalga boylu Led ışıklarının yeşil yapraklı bitkilerin gelişimi üzerindeki etkileri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14 (2): 105-114.
- Davis, P. A., and Burns, C. (2016). Photobiology in protected horticulture. *Food and Energy Security*, 5(4): 223–238.
- De Vleeschauwer, D., Seifi, H. S., Filipe, O., Haeck, A., Huu, S. N., Demeestere, K., and Höfte, M. (2016). The DELLA protein SLR1 integrates and amplifies salicylic acid-and jasmonic acid-dependent innate immunity in rice. *Plant Physiology*, 170 (3): 1831–1847.
- de Wit, M., Galvão, V. C., and Fankhauser, C. (2016). Light-mediated hormonal regulation of plant growth and development. *Annual Review of Plant Biology*, 67: 513–537.
- Deepika, A., Sagar, S., and Singh, A. (2020). Dark-induced hormonal regulation of plant growth and development. *Frontiers in Plant Science*, 11: 1–10.
- Demarsy, E., Goldschmidt-Clermont, M., and Ulm, R. (2018). Coping with ‘dark sides of the sun through photoreceptor signaling. *Trends in Plant Science*, 23(3): 260–271.

- Demotes-Mainard, S., Péron, T., Corot, A., Bertheloot, J., Le Gourrierec, J., Pelleschi-Travier, S., ... Vian, A. (2016). Plant responses to red and farred lights, applications in horticulture. *Environmental and Experimental Botany*, 121: 4–21.
- Dong, W., and Buck, J.W. (2011). Effect of light on in vivo urediniospore germination, lesion development and sporulation of *Puccinia hemerocallidis* on daylily and *Puccinia pelargonizionalis* on geranium. *Mycologia*, 103 (6): 1277–1283.
- Ergül, F. (2021). Manyetik alan etkisinin fungusların fizyolojik gelişimi ve biyokimyasal parametreleri üzerine etkileri. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.
- Folta, K. M., and Carvalho, S. D. (2015). Photoreceptors and control of horticultural plant traits. *HortScience*, 50(9): 1274–1280.
- Gallé, A., Czékus, Z., Toth, L., Galgoczy, L., and Poor, P. (2021). Pest and disease management by red light. *Plant Cell Environ.*, 44: 3197–3210.
- Ganesh, K.U. (2013). Effect of light on powdery mildew in greenhouse tomato (*solanumlycopersicum* ‘espero’). Department of Plant and Environmental Sciences (IPM) Norwegian University of Life Sciences. MSc Thesis.
- Genoud, T., Buchala, A.J., Chua, N.H., and Me’traux, J.P. (2002). Phytochrome signalling modulates the SA-perceptive pathway in *Arabidopsis*. *Plant J.*, 31: 87–95.
- Ghate, V., Yew, I., Zhou, W., and Yuk, H.G. (2021). Influence of temperature and relative humidity on the antifungal effect of 405 nm LEDs against *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer* and their inactivation on strawberries and tomatoes. *International Journal of Food Microbiology*, 359: 109427.
- Glazebrook, J. (2005). Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 43(1): 205–227.
- Gomez, C., and Izzo, L. G. (2018). Increasing efficiency of crop production with LEDs. *AIMS Agriculture and Food*, 3(2): 135–153.
- Gonzales, A.A., Schuerger A.C., Barford, C., and Mitchell R. (1996). Engineering strategies for the design of plant nutrient deliver system for

- use in space; Approaches to countering microbiological contamination. *Adv. Space Res.*, 18 (4-5): 5-20.
- Goodner, B., Hinkle, G., Gattung, S., Miller, N., Blanchard, M., Quorollo, B., Goldman, B.S., Cao, Y., Askenazi, M., Halling, C., Mullin, L., Houmiel, K., Gordon, J., Vaudin, M., Iartchouk, O., Epp, A., Liu, F., Wollam, C., Allinger, M., Doughty, D., Scott, C., Lappas, C., Markelz, B., Flanagan, C., Crowell, C., Gurson, J., Lomo, C., Sear, C., Strub, G., Ciello, C., and Slater, S., (2001). Genome sequence of the plant pathogen and biotechnology agent *Agrobacterium tumefaciens* C58. *Science*, 294: 2323–2328.
- Goossens, J., Fernández-Calvo, P., Schweizer, F., and Goossens, A. (2016). Jasmonates: Signal transduction components and their roles in environmental stress responses. *Plant Molecular Biology*, 91 (6): 673–689.
- Guo, A., Reimers, P.J., and Leach, J.E. (1993). Effect of light on incompatible interactions between *Xanthomonas oryzae pv oryzae* and rice. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 42: 413–425.
- Günay, A. (2005). Işığın Bitki Büyümesi ve Gelişmesine Etkisi. Genel Sebze Yetiştiriciliği, Cilt I, İzmir 502 ss.
- Hernando, C. E., Murcia, M. G., Pereyra, M. E., Sellaro, R., and Casal, J. J. (2021). Phytochrome B links the environment to transcription. *Journal of Experimental Botany.*, 72: 4068–4084.
- Hillman, B. I., Shapira, R., and Nuss, D. L. (1990). Hypovirulence-associated suppression of host functions in *Cryphonectria parasitica* can be partially relieved by high light intensity. *Phytopathology*, 80 (10): 950–956.
- Hoang, Q.T., Han, Y.J., and Kim, J.I. (2019). Plant phytochromes and their phosphorylation. *International Journal of Molecular Sciences*, 20 (14): 3450.
- Honda, Y., and Nemoto M. (1985). Control of Gray mold of green house cucumber and tomato by inhibiting sporulation. *Plant Dis. Rptr.*, 61: 1041-1044.

- Huala, E., Oeller, P.W., Liscum, E., Han, I.-S., Larsen, E., and Briggs, W.R. (1997). Arabidopsis NPH1: A protein kinase with a putative redox-sensing domain. *Science*, 278: 2120–2123.
- Hubballi, M., Nakkeeran, S., Raguchander, T., Anand, T., and Samiyappan, R. (2010). Effect of environmental conditions on growth of *Alternaria alternata* causing leaf blight of noni. *World Journal of Agricultural Sciences*, 6 (2): 171–177.
- Islam, S.Z., Honda, Y., and Arase, S. (1998). Light-induced resistance of broad bean against *Botrytis cinerea*. *J. Phytopathol.*, 146: 479–485.
- Jeandet, P., Douillt-Breuil, A.C., Bessis, R., Debord, S., Sbaghi, M., and Adrian, M. (2002). Phytoalexins from the vitaceae: Biosynthesis, phytoalexin gene expression in transgenic plants, antifungal activity, and metabolism. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 2731–2741.
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hashida, S., and Yoshihara, T. (2010). Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *HortScience*, 45: 1809–1814.
- Kader, A.A., and Rolle, R.S. (2004). The role of post-harvest management in assuring the quality and safety of horticultural produce. Vol. 152. Food & Agriculture Org.
- Karapetyan, S., and Dong, X. (2018). Redox and the circadian clock in plant immunity: A balancing act. *Free Radical Biology and Medicine*, 119: 56–61.
- Kasım, R. ve Kasım M.U. (2016). Işık yayan diyot (LED) teknolojisinin meyve ve sebzelerin hasat sonrası dönemindeki uygulamaları. VII. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, 86-93.
- Kim, K. Kook, H.S. Jang, Y.-J., Lee, W.H., Kamala-Kannan, S., Chae, J.-C. and Lee, K.J. (2013). The effect of blue-light emitting diodes on antioxidant properties and resistance to *Botrytis cinerea* in tomato. *J. Plant Pathol. Microbiol.*, 4: 203.
- Klessig, D. F., Choi, H. W., and Dempsey, D. M. A. (2018). Systemic acquired resistance and salicylic acid: Past, present, and future. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 31 (9): 871–888.

- Koo, Y. M., Heo, A. Y., and Choi, H. W. (2020). Salicylic acid as a safe plant protector and growth regulator. *The Plant Pathology Journal*, 36 (1): 1–10.
- Król, P., Igielski, R., Pollmann, S., and Kępczyńska, E. (2015). Priming of seeds with methyl jasmonate induced resistance to hemi-biotroph *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici* in tomato via 12-oxo-phytodienoic acid, salicylic acid, and flavonol accumulation. *Journal of Plant Physiology*, 179: 122–132.
- Kudo, R., Ishida, Y., Yamamoto, K. (2011). Effects of green light irradiation on induction of disease resistance in plants. *ActaHortic.*, 907: 251–254.
- Larcher, W. (1995) *Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Lee, K., Singh, P., Chung, W.C., Ash, J., Kim, T. S., Hang, L., and Park, S. (2006). Light regulation of asexual development in the rice blast fungus, *Magnaporthe oryzae*. *Fungal Genetics and Biology*, 43 (10): 694–706.
- Li, L., Ljung, K., Breton, G., Schmitz, R. J., Pruneda-Paz, J., Cowing-Zitron, C., and Chory, J. (2012). Linking photoreceptor excitation to changes in plant architecture. *Genes & Development*, 26 (8): 785–790.
- Li, X., Mo, J., Guo, T., and Yang, X. (2010). Effects of light on urediniospore germination, appressorium formation and infection efficiency of *Phakopsora pachyrhizi*, causal agent of soybean rust. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 32 (2): 153–161.
- Loake, G., and Grant, M. (2007). Salicylic acid in plant defence – The players and protagonists. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 10: 466–472.
- Lozano, J.C., and Sequeira, L. (1970). Differentiation of races of *Pseudomonas solanacearum* by a leaf infiltration technique. *Phytopathology*, 60: 833–838.
- Lu, H., McClung, C. R., and Zhang, C. (2017). Tick tock: Circadian regulation of plant innate immunity. *Annual Review of Phytopathology*, 55: 287–311.

- Massa, G.D., Kim, H.H., Wheeler, R.M., and Mitchell, C.A. (2008). Plant productivity in response to LED lighting. *HortScience*, 43 (7): 1951–1956.
- Maxin, P., Fieger-Metag, N., Benduhn, B., Kruse, P., Heyne, P. (2006). Hot water dipping in Northern Germany-on farm results after four years of scientific work. In *ecofruit-12th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing: Proceedings to the Conference from 31st January to 2nd February 2006 at Weinsberg/Germany* (pp. 118-120).
- Montes, N., and Pagán, I. (2019). Light intensity modulates the efficiency of virus seed transmission through modifications of plant Tolerance. *Plants (Basel)* 8, 304.
- Moreno, J. E., Tao, Y., Chory, J., and Ballaré, C. L. (2009). Ecological modulation of plant defense via phytochrome control of jasmonate sensitivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (12): 4935–4940.
- Morrow, R.C. (2008). LED lighting in horticulture. *HortScience*, 43 (7): 1947–1950.
- Mueller, D.S., and Buck, J.W. (2003). Effects of light, temperature, and leaf wetness duration on daylily rust. *Plant Disease*, 87 (4): 442–445.
- Nordskog, B., Gadoury, D.M., Seem, R.C., and Hermansen, A. (2007). Impact of diurnal periodicity, temperature, and light on sporulation of *Bremia lactucae*. *Phytopathology*, 97 (8): 979–986.
- Oberpichler, L., Rosen, R., Rasouly, A., Vugman, M., Ron, E. Z., and Lamparter, T. (2008). Light affects motility and infectivity of *Agrobacterium tumefaciens*. *Environ. Microbiol.*, 10: 2020-2029.
- Olle, M., and Viršile, A. (2013). The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agricultural and Food Science*, 22 (2): 223–234.
- Öztürk, H. H. (2008). *Sera İklimlendirme Tekniği*. Hasat Yayıncılık Ltd. Şti. s. 267-269, İstanbul.
- Pady, S., Kramer, C. and Clary, R. (1969). Sporulation in some species of *Erysiphe*. *Phytopathology*, 59: 844-848.

- Paik, I., and Huq, E. (2019). Plant photoreceptors: Multi-functional sensory proteins and their signaling networks. In *Seminars in Cell & Developmental Biology* (Vol. 92, pp. 114–121). London: Academic Press.
- Pettersen, R.I., Torre, S. and Gislerød, H.R. (2010). Effects of intracanopy lighting on photosynthetic characteristics in cucumber. *Scientia horticulturae*, 125 (2): 77-81.
- Pierik, R., and de Wit, M. (2014). Shade avoidance: Phytochrome signalling and other aboveground neighbour detection cues. *Journal of Experimental Botany*, 65 (11): 2815–2824.
- Poor, P. (2020). Effects of salicylic acid on the metabolism of mitochondrial reactive oxygen species in plants. *Biomolecules*, 10(2): 341.
- Purschwitz, J., Müller, S., Kastner, C., and Fischer, R. (2006). Seeing the rainbow: Light sensing in fungi. *Current Opinion in Microbiology*, 9(6): 566–571.
- Rahman, M.Z. Honda, Y., and Arase, S. (2003). Red-light-induced resistance in broad bean (*Vicia faba* L.) to leaf spot disease caused by *Alternaria tenuissima*. *J. Phytopathol.*, 151: 86–91.
- Rensing, S.A., Sheerin, D.J., Hiltbrunner, A. (2016). Phytochromes: more than meets the eye. *Trends Plant Sci.*, 21: 543-546.
- Roberts, M. R., and Paul, N. D. (2006). Seduced by the dark side: Integrating molecular and ecological perspectives on the influence of light on plant defence against pests and pathogens. *New Phytologist*, 170(4): 677–699.
- Robert-Seilaniantz, A., Grant, M., and Jones, J. D. (2011). Hormone crosstalk in plant disease and defense: More than just jasmonate-salicylate antagonism. *Annual Review of Phytopathology*, 49: 317–343.
- Robson, F., Okamoto, H., Patrick, E., Harris, S. R., Wasternack, C., Brearley, C., and Turner, J. G. (2010). Jasmonate and phytochrome a signaling in Arabidopsis wound and shade responses are integrated through JAZ1 stability. *The Plant Cell*, 22 (4): 1143–1160.
- Roden, L. C., and Ingle, R. A. (2009). Lights, rhythms, infection: The role of light and the circadian clock in determining the outcome of plant–pathogen interactions. *The Plant Cell*, 21 (9): 2546–2552.

- Rumbolz, J., Wirtz, S., Kassemeyer, H.H., Guggenheim, R., Schäfer, E., and Büche, C. (2002). Sporulation of *Plasmopara viticola*: Differentiation and light regulation. *Plant Biology*, 4 (03): 413–422.
- Sager, J.C., and Wheeler, R.M. (1992). Application of sunlight and lamps for plant irradiation in space bases, *Adv. Space Res.*,12: 133-140.
- Solomon, E.P., Berg, L., and Martin, D.W. (1999). *Biology*. Pp. 1-1230. Saunders College Publishing.
- Santamaría-Hernando, S., Rodríguez-Herva, J. J., Martínez-García, P. M., Río-Alvarez, I., González-Melendi, P., Zamorano, J., and Lopez-Solanilla, E. (2018). *Pseudomonas syringae* pv. *Tomato* exploits light signals to optimize virulence and colonization of leaves. *Environmental Microbiology*, 20 (12): 4261–4280.
- Schumacher, J., Simon, A., Cohrs, K. C., Viaud, M., and Tudzynski, P. (2014). The transcription factor BcLTF1 regulates virulence and light responses in the necrotrophic plant pathogen *Botrytis cinerea*. *PLoS Genetics*, 10 (1): e1004040.
- Sharma, N., and Tripathi, A. (2008). Integrated management of postharvest *Fusarium* rot of gladiolus corms using hot water, UV-C and *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. essential oil. *Postharvest Biology and Technology*, 47 (2): 246-254.
- Sharrock, R.A. (2008) The phytochrome red/far-red photoreceptor superfamily. *Genome Biol.* 9: 230.
- Sheerin, D. J., Menon, C., Zur Oven-Krockhaus, S., Enderle, B., Zhu, L., Johnen, P., and Hiltbrunner, A. (2015). Light-activated phytochrome A and B interact with members of the SPA family to promote photomorphogenesis in *Arabidopsis* by reorganizing the COP1/SPA complex. *The Plant Cell*, 27(1): 189–201.
- Singh, D., Basu, C., Meinhardt-Wollweber, M., and Roth, B. (2015). LEDs for energy efficient greenhouse lighting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49: 139–147.
- Song, L., Zhang, F., Yu, J., Wei, C., Han, Q., and Meng, X. (2020). Antifungal effect and possible mechanism of curcumin mediated photodynamic technology against *Penicillium expansum*. *Postharvest Biology and Technology*, 167: 111234.

- Spoel, S. H., and van Ooijen, G. (2014). Circadian redox signaling in plant immunity and abiotic stress. *Antioxidants & Redox Signaling*, 20 (18): 3024–3039.
- Su, J., Liu, B., Liao, J., Yang, Z., Lin, C., and Oka, Y. (2017). Coordination of cryptochrome and phytochrome signals in the regulation of plant light responses. *Agronomy*, 7 (1): 25.
- Suthaparan, A., Stensvand, A., Torre, S., Herrero, M., L., Pettersen, R.I., Gadoury, D.M. and Gislerød, H.R. (2010). Continuous lighting reduces conidial production and germ inability in the rose powdery mildew pathosystem. *Plant Dis.*, 94: 339-344.
- Swartz, T.E., Tseng, T-S., Frederickson, M.A., Paris, G., Comerci, D.J., Rajashekara, G., Kim, J-G., Mudgett, M.B., Splitter, G.A., Ugalde, R.A., Goldbaum, F.A., Briggs, W.R., and Bogomolni, R.A. (2007). Blue-light-activated histidine kinases: Two component sensors in bacteria. *Science*, 317: 1090–1093.
- Thind, T. S., and Schilder, A. C. (2018). Understanding photoreception in fungi and its role in fungal development with focus on phytopathogenic fungi. *Indian Phytopathology*, 71(2): 169–182.
- Thomas, P.E., Hassan S., and Mink, G.I., (1998). Influence of light quality on translocation of *Tomato yellow top virus* and *Potato leaf roll virus* in *Lycopersicon peruvianum* and some of its tomato hybrids, *Phytopathology*, 78: 1160-1164.
- Tiryaki, O., Canhilal, R., ve Horuz, S. (2010). Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(2): 154-169.
- Tisch, D., and Schmoll, M. (2010). Light regulation of metabolic pathways in fungi. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(5): 1259–1277.
- Vakalounakis, D.J. (1992). Control of fungia diseases of greenhouse tomato under long wave infrared ansorbing plastic film. *Plant Dis.*, 76: 43-46.
- Vakalounakis, D.J., and Christias, C., (1981). Sporulation in *Alternaria cichorii* is control by a blue and near ultraviolet reversible photoreaction. *Can. J. Bot.*, 59: 626-628.

- van der Horst, M. A., Key, J., & Hellingwerf, K. J. (2007). Photosensing in chemotrophic, non-phototrophic bacteria: Let there be light sensing too. *Trends in Microbiology*, 15(12): 554–562.
- Vasyukova, N. I., and Ozeretskovskaya, O. L. (2009). Jasmonate-dependent defense signaling in plant tissues. *Russian Journal of Plant Physiology*, 56 (5): 581–590.
- Velmurugan, P., Lee, Y. H., Venil, C. K., Lakshmanaperumalsamy, P., Chae, J. C., and Oh, B. T. (2010). Effect of light on growth, intracellular and extracellular pigment production by five pigment-producing filamentous fungi in synthetic medium. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 109 (4): 346–350.
- Vlot, A. C., Dempsey, D. M. A., and Klessig, D. F. (2009). Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual Review of Phytopathology*, 47: 177–206.
- Wasternack, C., and Hause, B. (2013). Jasmonates: Biosynthesis, perception, signal transduction and action in plant stress response, growth and development. An update to the 2007 review in *annals of botany*. *Annals of Botany*, 111 (6): 1021–1058.
- Wu, B. S., Hitti, Y., MacPherson, S., Orsat, V., and Lefsrud, M. G. (2020). Comparison and perspective of conventional and LED lighting for photobiology and industry applications. *Environmental and Experimental Botany*, 171: 103953.
- Xiang, S., Wu, S., Jing, Y., Chen, L., and Yu, D. (2021). Phytochrome B regulates Jasmonic acid-mediated defense response against *Botrytis cinerea* in *Arabidopsis*. *Plant Diversity*, 44 (1): 109-115.
- Yamaga, I., Takahashi, T., Ishii, K., Kato, M., and Kobayashi, Y. (2015). Antifungal effect of blue LED irradiation on the blue mold, *Penicillium italicum*, in satsuma mandarin fruits. *Horticultural Research (Japan)*, 14 (1): 83-87.
- Yıldız Y., Karaca C. Ve Dağtekin M. (2010). Hayvan Barınaklarında Çevre Denetimi. Hasat Yayıncılık Ltd. Şti. ss. 256, İstanbul.
- Yu, S.M., Ramkumar, G., and Lee, Y.H. (2013). Light quality influences the virulence and physiological responses of *Colletotrichum acutatum*

- causing anthracnose in pepper plants. *Journal of Applied Microbiology*, 115 (2): 509–516.
- Yu, Z., Fischer, R. (2019). Light sensing and responses in fungi. *Nature Reviews Microbiology*, 17 (1): 25–36.
- Zeier, J., Pink, B., Mueller, M.J., and Berger, S. (2004). Light conditions influence specific defence responses in incompatible plant–pathogen interactions: uncoupling systemic resistance from salicylic acid and PR-1 accumulation. *Planta*, 219: 673–683.
- Zheng, X. Y., Zhou, M., Yoo, H., Pruneda-Paz, J. L., Spivey, N. W., Kay, S. A., and Dong, X. (2015). Spatial and temporal regulation of biosynthesis of the plant immune signal salicylic acid. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112 (30): 9166–9173.
- Zhu, P., Zhang, C., Xiao, H., Wang, Y., Toyoda, H., and Xu, L. (2013). Exploitable regulatory effects of light on growth and development of *Botrytis cinerea*. *Journal of Plant Pathology*, 95: 509–517.



ISBN: 978-625-367-193-8