

A large black and white drone with four rotors is flying in the sky above a red tractor. The tractor is moving through a field of tilled soil, leaving behind deep, parallel furrows. The background shows a line of trees under a clear blue sky.

ZİRAAT ALANINDA YAPILMIŞ BAZI BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR-III

EDİTÖR
Prof. Dr. Erkan BOYDAK



ZİRAAT ALANINDA YAPILMIŞ BAZI BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR-III

EDİTÖR

Prof. Dr. Erkan BOYDAK

YAZARLAR

Prof. Dr. Alaaddin YÜKSEL

Prof. Dr. Ali Rıza DEMİRKIRAN

Prof. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK

Prof. Dr. Muharrem ERGUN

Prof. Dr. Salih AYDEMİR

Doç. Dr. Abdullah GÜLLER

Doç. Dr. Mustafa USTA

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet USLU

Arş. Gör. Dr. Serap DEMİREL

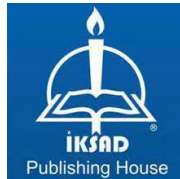
Yük. Müh. Ayda KONUKSAL

Yük. Müh. Halime ÖZTÜRK

Yük. Müh. Hasine KÜÇÜKYILDIRIM

Yük. Müh. Hayrettin DANIŞ

Yük. Müh. Nazife ARAP



Copyright © 2025 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in
any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods,
without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted
by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2025©

ISBN: 978-625-378-268-9

Cover Design: İbrahim KAYA

The cover image was created with the Gemini artificial intelligence tool.

July / 2025

Ankara / Türkiye

Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	1
-------------------	----------

BÖLÜM 1

BİTKİ-VİRÜS-VEKTÖR ETKİLEŞİMLERİNDE MOLEKÜLER ADAPTASYONLAR: GÜNCEL BULGULAR VE STRATEJİLER

Arş. Gör. Dr. Serap DEMİREL

Doç. Dr. Abdullah GÜLLER

Doç. Dr. Mustafa USTA.....	3
----------------------------	---

BÖLÜM 2

DURIAN MEYVESİ

Prof. Dr. Muharrem ERGUN.....	37
-------------------------------	----

BÖLÜM 3

ÜRÜN VERİMLİLİĞİNDE TOPRAK SAĞLIĞI VE ENZİM AKTİVİTESİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Yük. Müh. Hasine KÜÇÜKYILDIRIM

Yük. Müh. Halime ÖZTÜRK

Prof. Dr. Salih AYDEMİR.....	71
------------------------------	----

CHAPTER 4

INSECT FAUNA OF NORTHERN CYPRUS (I) LEPIDOPTERA

Prof. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK

Certificated Engineer Nazife ARAP

Certificated Engineer Ayda KONUKSAL.....	95
--	----

BÖLÜM 5

MURAT NEHRİ HAVZASI REHABİLİTASYON PROJESİ KAPSAMINDA BİNGÖL İLİ GENÇ İLÇESİNDE YAPILAN BAZI MİKRO HAVZA PROJELERİNİN VERİMLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Yük. Müh. Hayrettin DANIŞ

Prof. Dr. Ali Rıza DEMİRKIRAN

Prof. Dr. Alaaddin YÜKSEL

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet USLU.....129

ÖNSÖZ

Bu kitapta, Bitki–virüs–vektör etkileşimlerinde moleküler adaptasyonlar: güncel bulgular ve stratejiler; Durian meyvesi, Ürün verimliliğinde toprak sağlığı ve enzim aktivitesi arasındaki ilişki; Insect fauna of northern cyprus (1) lepidoptera ve Murat nehri havzası rehabilitasyon projesi kapsamında bingöl ili genç ilçesinde yapılan bazı mikro havza projelerinin verimliliği ve sürdürülebilirliğinin araştırılması gibi Ziraat Fakültesinin farklı alanlarıyla alakalı önemli bazı orijinal bulgular, Yüksek Lisan Tez sonuçları ve derleme tarzı bölümler ele alınmıştır. Kitabın hazırlanmasında emeği geçen tüm arkadaşlarımıza ve akademisyenlerimize verdikleri katkılardan dolayı teşekkür ederim. Bu kitabı insanların ve bilim dünyasının hizmetine sunmaktan onur ve gurur duyuyoruz. Kitabı okuyan herkesin en iyi şekilde faydalanmasını umut ederim.

Prof. Dr. Erkan BOYDAK

BÖLÜM 1

BİTKİ-VİRÜS-VEKTÖR ETKİLEŞİMLERİNDE MOLEKÜLER ADAPTASYONLAR: GÜNCEL BULGULAR VE STRATEJİLER

Arş. Gör. Dr. Serap DEMİREL¹

Doç. Dr. Abdullah GÜLLER²

Doç. Dr. Mustafa USTA³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15850451>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, serap_comart@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-1877-0797

² Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, aguller@bingol.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3887-4208

³ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, mustafausta@yyu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3940-2774

1. Giriş

Tarımda ekonomik olarak önemli olan bitki virüslerinin büyük çoğunluğu vektörler aracılığıyla bulaşır (Whitfield ve ark., 2015). Özellikle beyaz sinekler ve afidler olmak üzere böcekler, bütün vektör geçişli virüslerin %50'den fazlasını taşır. Vektörler tarafından iletimin virüsü edinmek ve yaymak için gereken zaman penceresine bağlı olarak değişen iki temel şekli vardır: kalıcı veya geçici iletim (Ng ve ark., 2006; Hogenhout ve ark., 2008). Non-persistent (geçici olarak iletilen virüsler), böcek stilus veya ön bağırsağında sadece birkaç saniye veya dakika süreyle tutulur ve tükürük salgılama sırasında hızla salınır; böcek bedenine dahil olmazlar. Persistent (kalıcı ya da aynı zamanda dolaşımsal olarak da adlandırılan) virüsler, sindirim sistemi yoluyla alınmalı ve böcek bedenine girmeli, hemolimfe hareket ederek salgı bezlerine ulaşmalı ve tükürük yoluyla yeni konak bitkilere enjekte edilmelidir. Virüs böceğin yaşamının sonuna kadar uzun bir süre böcek içerisinde yaşayabilir (Braut ve ark., 2010; Whitfield ve ark., 2015). Bunun dışında virüslerin birkaç türü böceğin hücrelerinde replikasyon yapabilir ve bu iletim şekli sirkülatif propagatif (dolaşımsal yayılmacı) olarak adlandırılır (Hogenhout ve ark., 2008). Virüsün böcek içerisinde tutulduğu yer veya yolculuğu ne olursa olsun, viral transmisyon, virüslerin proteinleriyle vektör proteinleri arasındaki özel etkileşimlere dayanır (Dietzgen ve ark., 2016).

Bitki virüsleri, enfeksiyon sırasında konak bitkinin fizyolojisinde birçok değişiklik indükler. Bu değişiklikler, vektörün davranışını ve performansını etkileyebilir ve sonuç olarak virüsün yayılmasını değiştirebilir (Blanc ve ark., 2016; Eigenbrode ve ark., 2018). Bitki virüsleri vektörler üzerinde çeşitli manipülatif etkilere sahip olabilir. Virüs enfeksiyonuyla birlikte vektör, bitki üzerindeki görsel ve kokusal işaretleri farklı şekilde algılayabilir. Bu, vektörün enfekte bitkilere karşı ilgi ve tepkilerini değiştirebilir. Diğer yandan bitki virüsleri, enfekte bitkilerin besleyici kalitesini etkileyebilir. Bu da vektörlerin beslenme alışkanlıklarını değiştirebilir. Örneğin, virüs tarafından enfekte edilmiş bitkilerin besleyici değeri düşebilir veya artabilir ve vektörler buna göre beslenme davranışlarını değiştirebilir. Son olarak ise bitki virüsleri, vektörlerin üreme yeteneğini etkileyebilir. Bu, vektörlerin üreme hızını, doğurganlığını veya üreme başarısını değiştirebilir (Feres ve ark., 2009).

Virüs tarafından vektörde indüklenen değişiklikler, dolaylı olarak konak bitki üzerinden gerçekleşir ve çoğu vakada virüs taşıyıcının yayılımında rol

oyunar. Yani, virüsler bitki üzerinde enfeksiyon oluşturarak bitki fizyolojisinde değişikliklere sebep olurlar. Bu değişiklikler, bitki tarafından üretilen bazı sinyallerin veya bileşiklerin vektörlerin davranışını etkilemesine neden olur. Vektörler, bu değişen sinyal ve bileşiklere tepki vererek virüsün bulaşma, beslenme veya üreme süreçlerini etkileyebilirler. Bununla birlikte, bazı virüsler vektör davranışını doğrudan değiştirebilir, yani meydana gelen modifikasyonlar vektörün virüsü edindikten sonra kendi içinde gerçekleşir (Eigenbrode ve ark., 2018). Bu, böcek vektörler içinde replike olan kalıcı olarak iletilen bitki virüsleri için daha açıktır (Shalileh ve ark., 2016). Dolaşımsal olarak replike olmayan virüslerin birkaç örneği de rapor edilmiştir. Örneğin, luteoviridler taşıyan afidler (Luteoviridae ailesine ait virüsler), enfekte olmayan bitkileri tercih ederken virüs taşımayan afidler enfekte bitkiler tarafından salgılanan uçucu maddelere çekilir (Ingwell ve ark., 2012; Rajabaskar ve ark., 2014). Virüsler ve vektörler arasındaki etkileşimler, enfekte bitkinin besleyici kalitesinin düşük veya hatta toksik olması nedeniyle zararlı olmaktan, vektör performansının iyileşmesi nedeniyle faydalı olmaya kadar değişebilir. Bu son durumda, ilişki karşılıklı olarak mutualist olarak kabul edilir ve her iki ortak da tek başına olduğundan daha fazla çoğalır (Carr ve ark., 2018).

Son zamanlarda, belirli viral proteinler tarafından enfekte edilmiş bitkilerde meydana gelen moleküler mekanizmaları incelemek için sınırlı sayıda patosistem üzerine yoğunlaşmıştır. Bu proteinler, böcekler için yararlı veya zararlı değişiklikler yapabilseler de sonuç olarak virüse diğer bitkilere yayılma ve hayatta kalma olanağı tanır. Bu değişikliklerin bazıları bitkinin görsel ve koku uyaranlarını değiştirerek böceğin çekilmesini veya beslenmesini teşvik eder. Daha sık olarak, belirli bir viral faktör, vektör tarafından tetiklenen bitki savunma mekanizmalarını hedef alır. Bu mekanizmalar, normalde vektörün saldırısını engellemek veya sınırlamak için etkinleşir. Ancak, viral faktörlerin etkisiyle bu savunma mekanizmaları zayıflatılır veya baskılanır. Sonuç olarak, böcek çekilmesi, yerleşmesi ve performansı artar. Böcek, bitkiye daha çekici hale gelir ve daha fazla besin sağlar. Bu durumda, virüsün yayılımı ve bulaşıcılığı da artar. Yani, viral faktörler vektörün avantajını sağlayarak virüsün yayılmasını destekler. Bu şekilde, virüsün hayatta kalma ve yeni bitki konaklara bulaşma şansı artar (Mauck ve ark., 2018; Mauck ve ark., 2012).

Bu derleme, tarım bitkilerine patojenik olan ve bazı ekonomik olarak önemli bitki viral hastalıklara neden olan iki geçici olarak taşınan ve üç kalıcı

olarak taşınan virüsün viral gen ürünleri hakkındaki en son bulguları özetlemektedir. Söz konusu proteinler genellikle başlangıçta patojenisite faktörleri veya gen susturma baskılayıcıları olarak tanımlanmış ve etkileşen bitki faktörleri veya yolları, genellikle savunma ile ilişkili yollar olarak tanımlanmıştır. Virüsler, bitki ve vektörler arasındaki bu son derece heyecan verici etkileşim alanını daha da çözmek için gelecekteki bazı araştırma yöntemleri önerilmektedir.

2. CMV 2b ve JA (Jasmonik Asit) sinyalleşme arasındaki etkileşim

CMV 2b ve JA (jasmonik asit) sinyalleşme arasındaki etkileşim, hıyar mozaik virüsü (CMV) tarafından üretilen bir protein olan CMV 2b'nin bitkide JA sinyalleşme yolunu nasıl etkilediğini ifade eder. JA sinyalleşme yolu, bitkilerin çeşitli streslere yanıt olarak aktive olan önemli bir savunma mekanizmasıdır. Yapılan araştırmalar, CMV 2b'nin JA sinyalleşme yolunu baskılayabildiğini veya etkileyebildiğini göstermektedir. Bu protein, JA sinyalleşme yolunun önemli bileşenlerine müdahale ederek normal işlevlerini bozarak JA sinyalleşme yolunu etkiler. JA sinyalleşmesinin baskılanması, bitki-virüs etkileşiminde çeşitli sonuçlara yol açabilir. Öncelikle, CMV 2b'nin JA sinyalleşmesini baskılaması, virüsün bitkide replikasyonunu ve yayılımını artırabilir. Bitkinin savunma tepkisini engelleyerek virüs, konak bitkide daha etkili bir şekilde yerleşebilir ve yayılabilir. İkinci olarak, CMV 2b'nin JA sinyalleşmesini baskılaması, bitkinin diğer streslere veya patojenlere karşı tepkisini de etkileyebilir. JA yolakı, geniş bir zararlı ve patojenlere karşı savunmada rol oynar, bu nedenle baskılanması bitkiyi diğer enfeksiyonlara veya zararlara karşı daha hassas hale getirebilir. Ayrıca, CMV 2b ve JA sinyalleşmesi arasındaki etkileşim, bitkinin virüse karşı toleransını da etkileyebilir. JA sinyalleşmesi aynı zamanda bitki büyümesi ve gelişimini düzenlemede rol oynar. CMV 2b'nin neden olduğu JA sinyalleşmesindeki değişiklikler, enfekte bitkilerde gelişme geriliği, anormal gelişim veya diğer fizyolojik değişikliklere neden olabilir (Wang ve ark., 2017; He et al., 2020 ; Wan et al., 2020).

Üretimin yıkıcı viral hastalıklarından biri olan Hıyar mozaik virüsü (CMV, Bromoviridae ailesi) son derece geniş bir konakçı aralığına sahiptir (Palukaitis ve Garcia-Arenal, 2003; Jacquemond, 2012). CMV partiküllerinin

yaprakbiti vektörünün stiluslarına yapışması ve bunlardan salınması, enfekte ve sağlıklı bitkilerde kısa süreli stilusları ile açtıkları test delikleri sırasında gerçekleşir. Bu süreç, virüsün kılıf proteini üzerindeki belirli amino asitlerin, bilinmeyen yaprakbiti reseptörleriyle etkileşime girerek ortaya çıkmasını sağlar. Yani, yaprakbiti vektörü, enfekte bitkiden virüs partiküllerini alırken stiluslarına yapıştırır ve daha sonra sağlıklı bir bitkiye geçerken bu partikülleri serbest bırakır. Bu etkileşim süreci, virüsün yaprakbiti tarafından taşınmasına ve yayılmasına olanak tanır (Brault ve ark., 2010). Literatürde CMV ile enfekte bitkilerin yaprakbitlerine genellikle daha cazip geldiğini gösteren önemli raporlar bulunmaktadır (Dáder ve ark., 2017; Mauck ve ark., 2018). Ancak, farklı virüs suşları, konak bitkiler ve yaprakbiti vektörleri arasındaki etkileşimlerde çeşitli sonuçlar ortaya çıkabilir. Örneğin, bazı durumlarda CMV enfekte bitkiler, yaprakbitlerinin daha fazla ilgisini çekerken, diğer durumlarda bu etki tam tersi olabilir. Bu farklılıkların nedenleri, virüs suşlarının farklı etkileri veya virüs, bitki ve yaprakbiti arasındaki kompleks etkileşimlerin karmaşıklığı olabilir (Carr ve ark., 2018). Mauck ve ark. (2010) tarafından non-persistent model üzerine yapılan bir çalışmada, Fny-CMV (Fny suşu, CMV'nin özel bir genetik varyantı) ile enfekte olan kabak bitkileri, belirli bir yaprakbiti türünün (genel yaprakbiti türleri) tercih ettiği bitkilerdir. Bu tercih, enfekte bitkiler tarafından üretilen ve çevreye yayılan uçucu organik bileşiklerin daha yüksek düzeyde olmasıyla yakından ilişkilidir. Yaprakbitleri, bu uçucu kimyasalların varlığını algılayarak enfekte bitkileri daha çekici bulabilir ve onlara yönelebilir. Bu çalışma, yaprakbiti türlerinin tercihlerini etkileyen faktörleri anlamak için önemlidir ve virüs enfeksiyonunun bitki metabolizması üzerindeki etkilerinin, bitkilerin kimyasal bileşiklerini ve yaprakbitlerinin tercihlerini nasıl etkileyebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, enfekte bitkilerin besleyici kalitesinin düşük olması, yaprakbitlerinin yeni bitkilere göç etmelerine neden olmuştur. Böyle bir durum, non-persistent taşınan virüslere uygun bir model olan "itme-çekme stratejisi" olarak adlandırılan bir modelin önerilmesine yol açmıştır. Yani, bu stratejiye göre, başlangıçta yaprakbitlerini çeken çekici uçucu bileşikler salgılayan enfekte bitkiler, yaprakbitlerini beslemek için uygun olmayan bitkiler tarafından beslenme caydırıcılığıyla karşılaşırlar. Bu durumda, yaprakbitleri hızla enfekte bitkiden ayrıлып yeni bitkilere yönelirler. Bu hızlı göç, enfekte yapraklardaki epidermis ve mezofil

hücrelerinde yaprakbiti tarafından kısa süreli delikler açılarak edinilen virüslerin yayılmasını kolaylaştırır (Carmo-Sousa ve ark., 2014).

CMV enfeksiyonunun neden olduğu bitki ve yaprakbitilerindeki değişimleri yöneten moleküler mekanizmalar hakkındaki çoğu rapor, 2b proteini üzerine odaklanmıştır (Ding, 2010; Pumplin ve Voinnet, 2013). Bu protein CMV etmeninin RNA susturma bastırıcısıdır (RSS, RNA silencing suppressor), yani bu terim, virüslerin enfekte ettikleri bitkilerdeki RNA susturma mekanizmasını etkisiz hale getiren proteinleri ifade eder. RNA susturma (RNA interference, RNAi) ise, gen ifadesini düzenlemek ve virüslere karşı antiviral savunmayı tetiklemek için oldukça geniş bir biyolojik süreci düzenleyen korunmuş bir mekanizmadır bir mekanizmadır. Bu mekanizma, virüslerin genetik materyalini hedef alıp viral RNA'yı parçalayarak veya hedef gen ifadesini baskılayarak virüs enfeksiyonuna karşı bir savunma mekanizması olarak işlev görür. Virüsler, RNA silencing'i engellemek için evrimsel olarak çeşitli mekanizmalar geliştirmiştir. Bunlardan biri olan RSS proteinleri, virüslerin enfekte ettikleri bitkideki RNA susturma mekanizmasını bozmak ve baskılamak için çalışır. Bu proteinler, RNA silencing sinyal yolunu engelleyerek veya RNAi bileşenlerinin etkinliğini azaltarak virüslerin RNA susturma mekanizmasından kaçmasına yardımcı olur ve virüslerin çoğalmasını ve yayılmasını kolaylaştırır (Burguán ve Havelda, 2011; Nakahara ve Masuta, 2014).

Bu kapsamda bitki virüslerinin, hem RNA susturmayı tetikleyen hem de hedef alan moleküller olduğu söyleyebiliriz. Bitkilerdeki RNAi aracılı antiviral bağışıklığı tetikleyen sinyal faktör, RNA virüslerinin replikasyon sırasında ürettiği ara ürünleri, ikincil RNA yapıları veya DNA virüslerinin çift yönlü transkriptinden türetilmiş çift zincirli RNA (dsRNA) molekülleridir. dsRNA, RNase III tipi Dicer benzeri proteinler (DCL) tarafından viral küçük RNA dublekslerine (viRNA) işlenir. Diğer bir deyişle Dicer enzimi, dsRNA'yı küçük RNA moleküllerine yani viRNA'ya parçalar. viRNA (viral small interfering RNA), RNA interferansı (RNAi) mekanizmasının bir parçası olarak işlev gören ve viral RNA moleküllerini hedef alan küçük RNA molekülleridir. Bu viRNA'lar daha sonra RNA İndüklenmiş Susturma Kompleksi (RISC)'in ana bileşenlerinden olan ARGONAUTE (AGO) proteinleriyle birleşir ve hedeflenen viral RNA'yı tanımlar. RISC -viRNA'nın rehberliğinde- hedeflenen viral RNA'yı özgül olarak keserek inaktif hale getirir veya onu çeşitli yollarla

bloke ederek viral replikasyonu engeller. Bu sayede virüslerin yok edilmesi ve enfeksiyonun yayılmasının engellenmesi gerçekleştirilmiş olur. viRNA'lar, virüslerin genomlarından elde edildikleri için spesifik viral hedeflere karşı seçici olarak etkili olabilirler.

Burada anlatılan savunma mekanizmasına karşı virüsler, RNA susturma bastırıcıları (RSS, RNA silencing suppressor) adı verilen proteinler geliştirmişlerdir ve bu proteinler RNAi yolunu neredeyse tüm adımlarda etkiler. RSS proteinlerinden biri olan CMV 2b, RNAi savunma mekanizmasına karşı etkili bir strateji kullanan dikkate değer bir örnektir. Bu proteini özel kılan şey, küçük boyutuna (11.5 kDa) rağmen, dsRNA'ya bağlanmasıdır. CMV 2b proteini, dsRNA moleküllerine bağlandığında, bu bağlanma sinyal iletilerinin iletimini bozabilir veya inhibe edebilir. Bu bağlanma, dsRNA'nın RNAi yolları tarafından tanınmasını ve hücre içindeki RNAi savunma mekanizmasının tetiklenmesini engeller. Bu sayede virüs, hücrede rahatça çoğalabilir ve yayılabilir. Bu mekanizma, CMV'nin hücre içindeki konak bitkide daha etkili bir şekilde çoğalmasını ve yayılmasını sağlar. Ayrıca bu bağlanma mekanizması sinyal iletilerinin etkisini lokal bir bölgede tutar, uzak mesafelere yayılmasını engeller. Bu mekanizma, virüsün etkisini sınırlamaya yardımcı olur ve sinyal iletilerinin kontrolsüz bir şekilde yayılmasını engeller. Böylece virüsün yayılması ve etkisi daha lokal bir düzeyde kalır (Gündoğdu ve Çelik, 2009). Ayrıca AGO1 ile etkileşime girerek RISC kesici aktivitesini engellemekte ve AGO4 ile etkileşime girerek endojen transkripsiyonu modüle etmektedir (Csorba ve ark., 2009; Zhao ve ark., 2018). Bu ise, CMV'nin kendi replikasyonunu ve yayılmasını desteklemek amacıyla bitki hücrelerinin normal işleyişini değiştirmesine yardımcı olabilir.

Bir çalışmada 2b proteininin bitki savunma sinyalleşmesindeki rolü ve yaprakbiti ile olan ilişkisi incelenmiştir. Araştırmada yapısal olarak 2b proteinini (Fny-CMV suşu) sürekli olarak eksprese eden transgenik arabidopsis bitkilerini kullanan transkripsiyonel bir yaklaşımda, viral proteinin jasmonik asit (JA) tarafından düzenlenen genlerin %90'ının ekspresyonunu bastırdığını, ancak JA biyosentezinde yer alanların ekspresyonunu baskılamadığı tespit edilmiştir (Lewsey ve ark., 2010). Yani, 2b proteininin varlığı, JA tarafından kontrol edilen genlerin ifadesini önemli ölçüde azaltırken, JA biyosentezinde yer alan genlerin ifadesini etkilememiştir. Bu sonuçlar, 2b proteininin bitki savunma mekanizmasındaki önemli bir rol oynadığını ve hormonal dengeyi

etkileyerek yaprakbiti iletimini teşvik etmek için uygun koşullar oluşturabileceğini göstermektedir. Bu çalışma, 2b proteininin bitki savunmasındaki rolünü ve yaprakbiti ile olan ilişkisini anlamamıza yardımcı olmaktadır. Bunun tersine, normalde salisilik asitten (SA) etkilenmeyen bir dizi gen ise yanıt verici hale geldi. JA, yaprak bitleri ve beyaz sinekler dahil olmak üzere böcek direncinde önemli bir düzenleyici olduğu bilindiğinden (Howe, 2008), Lewsey ve ark., (2010), 2b proteininin CMV ile enfekte olmuş bitkilerde hormonal dengeyi değiştirdiğini ve böylece yaprak biti aracılı virüs iletimini teşvik etmek için uygun koşullar oluşturduğunu varsaydılar. Bu hipotez, aynı zamanda 2b proteinini üretmeyen CMV Δ 2b mutantının bütün bitkilerinde yaprak bitlerine karşı güçlü bir direnç ortaya çıkardığını gösteren Ziebell ve ark., (2011) tarafından doğrulanmıştır.

Daha yakın zamanlarda Wu ve ark. (2017), JA sinyalinin baskılamak için 2b proteini (SD-CMV suşu) tarafından geliştirilen moleküler stratejiyi araştırmıştır. Çalışmada, kabak (Mauck ve ark., 2010) üzerindeki önceki deneylerinde olduğu gibi, yaprak biti vektörlerinin CMV ile enfekteli arabidopsis tarafından yayılan kokular tarafından çekildiğini gösterilmiştir. Çekicilik ya da cazibe, 2b proteininin varlığıyla özellikle ilişkilendirilmiştir. 2b proteinini ifade eden transgenik bitkiler ve CMV-enfekteli bitkiler, CMV Δ 2b ile enfekte bitkilere kıyasla, yaprakbiti çekiciliği açısından belirgin farklar göstermiştir. Araştırmacılar aynı zamanda 2b proteininin birçok JAZ proteini (özellikle JAZ1 ile) ile spesifik ve doğrudan etkileşime girdiğini göstermiştir. 2b proteininin JAZ proteinleriyle etkileşimi, JA sinyalleşmesindeki önemli bileşenlerden biri olan JAZ proteinlerinin (Jasmonate ZIM-domain) işlevini değiştirebilir. Bu etkileşim, 2b proteininin bitki savunmasını baskılamak için JA sinyalleşmesini hedef aldığını ve böylece virüsün yayılmasını kolaylaştırdığını göstermektedir.

JAZ proteinleri bitkilerde jasmonik asit (JA) sinyalleşmesinde önemli bir rol oynayan bir protein ailesidir. JAZ proteinleri özellikle JA sinyalinin anahtar baskılayıcılarıdır (Wasternack ve Strnad, 2019; Yang ve ark., 2019). Kontrollü koşullarda, JA seviyesinin düşük olması, JAZ proteinlerinin birikimini teşvik eder. JAZ proteinleri, MYC2 gibi Jasmonik asite tepki veren genleri pozitif olarak düzenleyen transkripsiyon faktörlerinin aktivitesini baskırlar. Stres koşullarında ise, JA seviyesi yükselir ve JAZ proteinlerinin 26S proteazom yoluyla parçalanması gerçekleşir. Bu parçalanma sonucunda MYC faktörleri

serbest kalır ve JA tepkilerini aktive eder. 2b proteininin JAZ proteinlerine bağlanması durumunda, JAZ proteinlerinin E3 ubiquitin ligaz SCFCO1 tarafından parçalanması baskılanır ve JA sinyalleşmesi engellenir.

Viral 2b proteinini ifade eden bitkilerin yaprakbitleri tarafından daha fazla çekici olması, bu çekiciliğin jasmonik asit (JA) algısında (coi1-1) JA sinyalleşmesine bağlı olarak düzenlenen genlerde (myc2/3/4) mutasyon gösteren arabidopsis mutantlarında da tekrarlanmaktadır. Bu durum, 2b proteininin JA-aracılı sinyalleşmeyi baskıladığını doğrulamaktadır. Bu etki, RSS (RNA silencing suppressor, RNA susturma baskılayıcısı) aktivitesinden bağımsızdır, çünkü RSS aktivitesi olmayan bir 2b mutasyonunun işlevselliğiyle gösterilmiştir. Son olarak, farklı CMV konak suşlarının 2b proteininin JAZ proteinleriyle etkileşime girmesi, evrimsel olarak korunan bir mekanizmayı düşündürmektedir.

Önceden de belirtildiği gibi, bitki-afid etkileşiminden kaynaklanan enfeksiyonun sonucu, farklı konaklarda farklılık gösterebilir ve bu farklılık farklı viral proteinler tarafından uyarılabilir. Kabakgil bitkilerindeki sonuçlara (Mauck ve ark., 2010) göre, Fny-CMV ile enfekte bitkiler yaprakbiti çekiciliği sağlamak için yanıltıcı uçucu bileşikler salgılar ve bu bitkilerin besin kalitesi düşüktür. Bununla birlikte, aynı suşla enfekteli tütün bitkileri ise afidlerin yerleşimi ve davranışını değiştirmez ve afidlerin yaşayabilme ve üremeleri için daha yüksek kalitede bir ortam sunar, bu da afid ve bitki arasındaki net bir mutualistik durumu ortaya çıkarır (Tungadi ve ark., 2017). Ancak, CMVΔ2b ile enfekte edilen tütün bitkilerinde yaprakbiti populasyonlarında dramatik bir azalma görülür, bu da tütün bitkisinde CMVΔ2b virüs suşunun üretmiş olduğu 2b proteininin afid istilasını etkili bir şekilde baskıladığını gösterir. Diğer yandan 2b proteininin yaprakbitlerine karşı bir direnç mekanizması oluşturduğu görülmektedir. Bu durumda, enfekte tütün bitkileri, yaprakbitlerini daha az çekici hale getirir veya yaprakbitlerinin üreme ve hayatta kalma yeteneklerini azaltır. Sonuç olarak, CMVD2b enfeksiyonu, yaprakbiti populasyonlarının azalmasına ve bitki üzerinde daha az zarara yol açmasına neden olur. Tungadi ve ark. (Tungadi ve ark., 2019), Fny-CMV ve LS-CMV suşlarının genomik RNA'larını karıştırarak viral reasortantlar oluşturmuşlardır. Tütün bitkisinde gerçekleştirilen çalışmada, Fny-CMV'nin RNA 1'i (replikasyonla ilişkili protein, 1a proteini), yaprakbiti enfestasyonuna karşı bir tür direnç mekanizması oluştururken, LS-CMV RNA 1 bu etkiyi göstermemiştir. Ayrıca,

her iki suşun da 2b proteini yaprakbiti direncini baskılamıştır. Bu, her iki suşun da 2b proteini aracılığıyla yaprakbiti enfestasyonuna karşı direnci engellediğini ve yaprakbitlerinin bitkiye yerleşmesini kolaylaştırdığını göstermektedir. Bu sonuçlar, farklı CMV suşlarının bitki-yaprakbiti etkileşimlerinde farklı etkilere sahip olduğunu ve bu etkilerin virüsün genetik bileşenlerinden kaynaklandığını göstermektedir. Buna karşılık, arabidopsis bitkisinde Fny-CMV suşunun 2b proteini tarafından yaprakbiti antibiyozunun (yaprakbiti gelişimini engelleyen bir etki) indüklendiği ve bu etkinin 1a proteini tarafından engellenmesi belirtilmektedir (Westwood ve ark., 2013). Yani, 1a proteini, 2b'nin yaprakbiti antibiyozunu indükleyici etkisini engelleyerek bitkinin yaprakbitine karşı direncini sağlar ve bitkiyi yaprakbitine karşı korur. Bu çıktılar, iki konak bitkide 1a ve 2b proteinlerinin antagonistik roller oynadığını ve bitki-virüs etkileşimlerinde karmaşık bir denge olduğunu ve virüs proteinlerinin farklı etkilere sahip olduğunu göstermektedir.

3. Potyvürüsler

Potyvürüsler, bitki virüslerinin en yaygın gruplarından biridir ve birçok türü yaprakbiti vektör tarafından non-persistent tarzda etkili bir şekilde taşınırlar (Ng ve ark., 2006; . Revers ve García, 2015). Viral partiküller, geçici olarak yaprakbitinin stiluslarına bağlanarak yeni bitkilere taşınır (Brault ve ark., 2010). Daha önceki çalışmalar, yaprakbitlerinin genellikle potyvirus enfekte bitkilerde yerleşmeyi tercih ettiklerini ve kontrol bitkilerine göre daha iyi üreme yaptıklarını göstermiştir (Dáder ve ark., 2017).

Potyvürüsler yaprakbitlerini etkilemek ve manipüle etmek için ilgi çekici bir şekilde protein yeniden konumlandırma stratejisi geliştirmişlerdir. Bu strateji, Potyvürüslerin bitki hücrelerinde bulunan bazı proteinleri yaprakbitlerine aktararak onları etkileyebildiğini göstermektedir. Bu proteinler, yaprakbitlerinin beslenme alışkanlıklarını, üreme yeteneklerini veya başka davranışlarını değiştirebilir ve virüsün yayılmasını kolaylaştırabilir.

Şalgam mozaik virüsü (Tulip mosaic virus, TuMV) ve yaprakbiti taşıyıcısı *Myzus persicae* arasındaki potansiyel sinerjizm mekanizmasını anlamak için bir çalışma yürütülmüştür. Araştırmacılar ilk çalışmalarında, *Agrobacterium* aracılığıyla on farklı TuMV proteinini geçici olarak *Nicotiana benthamiana* yapraklarında aşırı ifade ettiler ve bunların yaprakbiti üreme üzerindeki etkisini incelediler (Casteel ve ark., 2014). Turnip mosaic virus

(TuMV)'nün nükleer inklüzyon bölgesinde kodlanan NlA-Pro enzimi bulunmaktadır. Bu proteaz enzimi, polipeptit zincirlerini keserek virüslerdeki proteinlerin bireysel bileşenlerine ayrılmasını sağlar. Bu sayede virüsün replikasyonu ve yayılması için önemli bir rol oynayan bir proteazdır. Yapılan çalışmada, bu proteinin *M. persicae*'nin büyümesini ve apterous (kanatsız) yaprakbitlerinin yerleşme tercihini önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir (Rajamäki ve Valkonen, 2009; Anindya ve Savithri, 2004). Bak ve ark. (2017), viral proteini sürekli olarak ifade eden transgenik arabidopsis bitkilerinin yaprakbiti üreme oranını artırdığını rapor etmişlerdir. Ayrıca, NlA-Pro proteinini ifade eden bitkinin yaprakları, yaprakbiti beslenmesine karşı bitkilerin verdiği bir savunma tepkisi olan kalloz indüksiyonunda önemli bir azalma göstermiştir. Bu ise NlA-Pro proteininin bitki savunma sisteminin etkinliğini azaltma rolüne sahip olduğuna işaret etmektedir. Yani, NlA-Pro proteininin varlığı, yaprakbiti beslenmesine karşı bitkinin savunma mekanizmalarını baskılayarak yaprakbitinin performansını artırabilmektedir. Araştırmacılar ayrıca moleküler düzeyde NlA-Pro'nun hücre içindeki belirli bir bölgede ya da organelde bulunma durumunu araştırdılar ve bu proteinin hedef noktasının vakuol olduğu ve bu proteinin vakuole taşınmasıyla birlikte yaprak bitlerinin performansının arttığını tespit etmişlerdir. Bu bulgu, proteinin hedeflendiği hücre kısmının afidlerin beslenmesi, büyümesi veya diğer biyolojik süreçleri üzerinde olumlu etkileri olduğunu düşündürmektedir.

N. benthamiana'da GFP:NlA-Pro (Yeşil Floresan Proteini (GFP) ile birleştirilmiş NlA-Pro proteini) fuzyon proteininin geçici ifadesi kullanılarak yapılan aynı yaklaşımda, afid varlığında bu proteinin çekirdek ve sitoplazmadan vakuole yeniden yerleşimine yol açtığı ve bu hedeflemenin geri dönüşümlü olduğu gösterilmiştir. Yani, afid varlığı, proteinin başlangıçta çekirdek ve sitoplazmada bulunduğu hücre bölgelerinden vakuole doğru yer değiştirmesine neden olmaktadır. Afidlerle ilişkili faktörler, proteinin hedeflendiği yerin vakuol olduğunu ve bu hedeflemenin afidlerin varlığıyla tetiklendiğini gösteriyor. Öte yandan, bu hedeflemenin geri dönüştürülebilir, yani, afidlerin varlığı durumunda vakuole doğru yer değiştiren protein, arıların yokluğunda tekrar çekirdek ve sitoplazmaya geri dönebiliyor. Bu durum, proteinin yerleşmesinin afidlerin varlığına bağımlı olduğunu ve bu vektörlerin yokluğunda normal yerleşimine geri dönebildiğini göstermektedir. Bu bulgular, afidlerin varlığının proteinin yerleşmesini etkileyen bir sinyal

olduğunu ve bu sürecin geri dönüştürülebilir olduğunu ortaya koymaktadır. Yaprak bitlerine tepki olarak vakuoler Nla-Pro'ya yanıt veren hücrelerin yüksek sayıda olması, yapraktaki bir sistemik sinyalin Nla-Pro'nun yerleşmesini değiştirmek üzere yayıldığını düşündürmektedir. Yani, yaprak bitlerinin varlığı, sinyalin tüm yaprak boyunca hareket ederek Nla-Pro proteininin hedeflendiği yeri etkilediği anlamına gelir. Bu gözlem, yaprak bitleri tarafından non-persistent geçişli Karnabahar mozaik virüsü (Cauliflower mosaic virus) tarafından enfekte olan bitkilerde keşfedilen, iletim aktivasyonu (transmission activation, TA) adı verilen benzer bir sinyalleşme olayına benzerlik gösterir. Bu virüs, yaprak bitleri aracılığıyla yayılırken, bitkide sistemik bir sinyal oluşur ve bu sinyal Nla-Pro proteininin yerleşmesini etkileyebilir (Martinière ve ark., 2013). TA (transmission activation), saniyeler içinde gerçekleşir ve virüsle enfekteli bitkilerde yaprak biti algılanmasının hemen başlarında, yaprak bitlerinin neden olduğu transmisyonu mümkün kılan viral komplekslerin oluşumunu hızla tetikleyen bir sinyalleşme olayıdır. Son zamanlarda, benzer bir fenomen TuMV enfeksiyonlarında da bulunmuştur (Berthelot ve ark., 2019). Drucker ve ark. (2019), kimyasal ilaçlar kullanarak bu sinyal moleküllerinin TA sürecindeki rolünü incelemişlerdir. Çalışmada, TA'nın (iletim aktivasyonu) hem CaMV hem de TuMV için kalsiyum (Ca^{2+}) ve reaktif oksijen türleri (ROS) sinyalleşmesine bağlı olduğunu göstermiştir. Yani, TA'nın gerçekleşebilmesi için hücre içindeki Ca^{2+} seviyelerinin artması ve ROS türlerinin üretilmesi gerekmektedir. Bilindiği üzere Ca^{2+} ve ROS türleri bitkilerde önemli sinyal molekülleridir ve stres yanıtı, hastalık direnci ve sinyal iletiminde önemli rolleri vardır. Yaprak biti algısının hemen ardından oluşan bulaşıcı viral komplekslerin oluşumu için, kalsiyum ve reaktif oksijen türlerinin sinyal olarak aktive olması önemli bir adımdır.

Yine, bir yaprakbiti geçişli potyvirus Patates Virüsü Y tarafından kodlanan ve virüsün replikasyonu ve montajında önemli bir rol oynayan Nla-Pro (Potyvirus genomunda kodlanan proteaz enzimi)' nun GFP:Nla-Pro'ya benzer şekilde davrandığı belirlenmiştir. Bu da vakuolar lokalizasyonun Potyvirus cinsinin üyeleri arasında korunmuş bir özellik olduğunu düşündürmektedir. Bu fenomende, hem bitki türünün özgülüğü hem de vektör spesifitesi önemli rol oynamaktadır, çünkü protein geçici olarak Nicotiana tabacum'da ifade edildiğinde herhangi bir etki gözlenmemiş ve beyazsinekler veya yaprak bitleri gibi vektörler Nla-Pro'nun güçlü yer değiştirme tepkisine

yol açmamıştır. Bu gözlemler, Nla-Pro'nun vaküolar hedeflemesinin, yaprakbitinin varlığına yanıt olarak vaküolde potansiyel olarak depolanan yaprakbiti kaynaklı bitki savunma sinyallerini inhibe etmeyi amaçlayan önemli bir tepki olabilir. Daha önce TuMV'nin kalloz birikimini azaltabildiğini tespit eden araştırmacılar, başka bir çalışmada fitohormonların hem TuMV'ye hem de yaprak biti vektörüne yanıt olarak oynadığı role odaklanmıştır (Casteel ve ark., 2014). Yanı sıra Arabidopsis mutantları ve etilen (ET) sentezinin kimyasal inhibitörleri kullanılarak yapılan çalışmalarla, TuMV'un ET sinyal yolunu değiştirerek bitki direncini *M. persicae*'ye karşı baskılayabildiği belirlenmiştir (Casteel ve ark., 2015). Bu etki yine, özel bir ET-duyarlı savunma transkriptlerinin değiştirilmesine neden olan Nla-Pro ile ilişkilendirilmiştir. Bak ve ark. (2019) ise, ET üretiminin, enfekteli bitkilere yaprak biti çekiciliğini teşvik ettiğini ve virüsün, farklı konukçu bitkilerde (PVY/patates ve TuMV/arabidopsis) iki potivirüs patosistemiyle yayıldığını doğrulamış, bu da ET sinyalinin potivirüslere genel bir tepki olabileceğini öne sürmüşlerdir.

4. Geminivirusler

Geminiviridae, dünya çapında birçok ekonomik öneme sahip bitki türünde yıkıcı hastalıklara yol açan dairesel tek zincirli DNA virüsleri ailesini temsil eden bir familyadır (Navas-Castillo ve ark., 2011). Bu virüsler, sürekli olarak beyazsinekler, yaprakbitleri ve ağaçbitleri tarafından persistent tarzda taşınır (Hogenhout ve ark., 2008). En yıkıcı ve yaygın olanları beyazsinekler aracılığıyla taşınan geminivirüslerdir (Begomovirus cinsi) ve bunlar dünya genelindeki tarımsal ürünlerin başlıca viral patojenleri olarak ortaya çıkmışlardır (Navas-Castillo ve ark., 2011; Yang ve ark., 2019). Beyazsinekler, öz suyunu emdikleri bitkiden aldıkları virüsleri sindirim sistemi yoluyla hemolimfe ve ardından salya bezlerine taşırlar. Virüsler, salya ya da tükürük aracılığıyla yeni bir konukçuya aktarılır ve böceğin ömrü boyunca onda kalabilir (Gray ve ark., 2014). Domates sarı yaprak kıvrılma virüsü (Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV), Bemisia tabaci'nin içinde barındırdığı organizma tarafından (endosimbionu) üretilen simbiyotik protein ile böcek vücudunda etkileşime girer ve virüse böcek vücudunda kararlılık sağlar (Morin ve ark., 2019). Begomovirüsler monopartite veya bipartite genoma sahiptir. Birkaç protein kodlamalarına rağmen, çoğu begomovirüs çeşitli konak bileşenlerini ve yollarını manipüle edebilir. Özellikle, bitki savunma

mekanizmalarını hedefleyen çeşitli RSS (RNA susturma bastırıcısı, RNA silencing suppressor)'ler geliştirmişlerdir ve transkripsiyonel ve post-transkripsiyonel gen susturma, hormonal tepkiler, ubikuitin bağımlı bozunma, otofaji ve antiviral kloroplast savunması gibi birden çok yolda yeniden programlama yapabilme yetenekleri vardır (Kumar, 2019; Csorba ve ark., 2015).

Monopartite begomovirüslerin çoğu, betasatellitler adı verilen küçük, dairesel çift zincirli DNA molekülleri sayesinde yardımcı virüs çoğalmasını sağlarlar. Betasatellitler bu şekilde, enfekte bitkilerde daha yüksek virüs konsantrasyonlarının oluşturur, monopartite begomovirüslerle birlikte bitkilerde enfeksiyonu tetikler ve şiddetli semptomların ortaya çıkmasına yol açar. Begomovirüslerin varlığında gerekli olan ve onlara bağımlı olan betasatellitler, genellikle bitki enfeksiyonu sırasında aynı vektör aracılığıyla taşınırlar ve yardımcı virüslerle birlikte çalışarak tipik hastalık belirtilerinin artmasına neden olur. Betasatellitler, yardımcı virüslerle önemli bir dizi benzerliği paylaşmazlar. Ancak, yardımcı virüslerin genetik materyalini çoğaltmak, bitkilerde hareket etmek ve böcekler aracılığıyla iletim yapmak için yardımcı olurlar (Gnanasekaran ve ark., 2019). Betasatellitler genellikle tek bir geni (genellikle $\beta C1$ olarak adlandırılır) kodlar ve bu gen, patojeniklik ve hastalık semptom fenotipi oluşumunda önemli bir rol oynar. Birçok çalışma, $\beta C1$ 'in bitki savunma mekanizmaları tarafından hedeflenen ve bitki savunmalarını baskılayabilen ve manipüle edebilen önemli bir bileşen olduğunu göstermiştir (Gnanasekaran ve ark., 2019; Li ve ark., 2018). Örneğin, $\beta C1$, RNA susturmayı tersine çevirebilir ve iki önemli protein bozunma süreci olan ubikuitin-proteazom sistemi ve otofaji yollarıyla etkileşebilir (Kumar, 2019).

Begomovirüslerin ve betasatellitlerinin hedef aldığı ve bitki savunma yanıtlarında yer alan konak proteini çeşitliliği nedeniyle, RSS ve/veya $\beta C1$ proteinlerinin beyazsineklerin beslenme davranışı ve üreme sürecinde dolaylı olarak rol oynayabileceği düşünülmektedir. Yang ve ark. (2008), Domates sarı yaprak kıvrılma Çin Virüsü'nde (TYLCCNV) kodlanan $\beta C1$ 'nin patojenik etkisinin moleküler temelini ele almışlardır. $\beta C1$ 'i ifade eden transgenik Arabidopsis bitkileri, virüs enfeksiyonlu tütün bitkilerinde doğal olarak gözlenen şiddetli hastalık belirtilerini taklit etmiştir. Diğer yandan bitkilerdeki AS1 ve AS2 genleri, yaprak gelişimini, asimetrik büyümesini ve morfolojisini

düzenlenmesinde kritik rol oynayan iki önemli transkripsiyon faktörüdür. Yapraklardaki gelişimsel bozukluklar, AS2'nin aşırı ifadesinin bir sonucudur. AS1 ve AS2'nin doğru düzeyde ifade edilmesi, normal yaprak morfolojisi ve gelişimi için kritiktir. Ancak AS2'nin aşırı ifadesi, bu düzenlemeyi bozarak yapraklarda anormalliklere neden olabilir. İlginç bir şekilde, β C1 proteini, bitki bağışıklık yanıtını zayıflatıcı veya baskılayıcı (negatif düzenleyici) AS1 ile özel bir etkileşim gösterdiği bulunmuştur (57). Bu etkileşimde, miR165/166'nın birikimi baskılanır ve yaprak polaritesini düzenleyen HD-ZIP III (Homeodomain-Leucine Zipper III) genlerinin parçalanması sağlanır. Dolayısıyla, β C1 proteini bu mekanizmayı etkileyerek yaprak polaritesinin düzenlenmesine müdahale eder. Bu bulgular, begomovirüslerin ve β C1 gibi ilişkili proteinlerin, konak bitkilerin bağışıklık savunmasını manipüle edebildiğini ve yaprak gelişimiyle ilgili önemli düzenleyici yollara müdahale edebildiğini göstermektedir.

β C1, AS1 ile bağlandığında AS2 ile rekabet eder, AS2'nin AS1 ile birleşmesini (dimerizasyonu) engeller ve ayrıca yaprağa özgü nitelikler ve jasmonik asit (JA) tepkisi gösteren bazı transkriptlerin ekspresyonunu düzenler. Dolayısıyla betasatellit kaynaklı belirtilerin ,en azından kısmen, β C1'in yaprak morfogenezi ile etkileşimi ile açıklanabilir. Ayrıca, β C1/AS1 kompleksleri, beyazsineklere karşı bitki savunma tepkisini etkileyen ve etkisini azaltan seçici JA tepkilerini inhibe edebilir. Ayrıca β C1/AS1 kompleksleri, bitkilerin beyazsineklere karşı savunma tepkilerini hafifletebilecek seçici jasmonik asit (JA) tepkilerinin baskılanmasına yol açar. Bu çalışma, betasatellitin, bitkilerin JA tarafından düzenlenen savunma tepkilerini baskılayarak beyazsinekler için daha uygun bir ortam yaratmada rol oynadığını göstermektedir. Jasmonik asit, bitkilerin savunma yanıtlarını etkinleştirerek zararlılara karşı mücadele etmelerini sağlar. Ancak β C1/AS1 kompleksinin varlığı, JA tepkilerinin inhibe edilmesine ve dolayısıyla beyazsineklerin bitki üzerinde daha rahat bir şekilde beslenmesine ve üremesine yol açar.

Bu hipotez daha sonra Zhang ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmayla doğrulanmıştır. Bu çalışmada, TYLCCNV'nin betasatelliti, tütün bitkisinde beyazsineklerin yol açtığı jasmonik asit (JA) tarafından düzenlenen savunmayı baskılamış ve beyazsineklerin enfekteli bitkilerdeki popülasyonunu artırmıştır. β C1 proteini ifade eden transgenik tütün bitkilerinde de JA'ya tepki veren genlerde ve beyazsinek popülasyonunda benzer sonuçlar gözlenmiştir.

Bu bulgular, betasatellitin beyazsineklerin bitkiyle etkileşimlerinde önemli bir rol oynadığını ve betasatellitlerin beyazsineklerin bitki savunma mekanizmalarını manipüle ederek kendi çıkarlarına hizmet edebileceğini göstermektedir. Li ve ark., (2014), TYLCCNV ve betasatelliti ile enfekte bitkilerin beyazsineklere karşı neden daha düşük direnç sergilediğini araştırmışlardır. TYLCCNV ile enfekte bitkiler tarafından salınan uçucu bileşikler analiz ederek, betasatellitin varlığında terpen salınımının %75 azaldığını ve bu etkinin beyazsinek çekiciliğinde önemli bir artışla ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Bitki terpenleri, beyazsineklerin beslenmesini engellemek ve ovipositor davranışını değiştirmek için zehir olarak işlev görebilir veya beyazsineklere karşı kovucu olarak kullanılabilir; ancak aynı zamanda doğal avcılar (parazitoidler) çekebilirler (Baldwin ve ark., 2002). Enfekteli bitkilere benzer şekilde, β C1 ifade eden transgenik arabidopsis bitkileri de daha az terpen üretmiş, beyazsineklere daha çekici hale gelmiş ve bu da daha fazla yumurta bırakılmasına yol açmıştır.

Aynı makalede, Arabidopsis thaliana'daki transkripsiyon faktörü At-MYC2'nin β C1'in doğrudan hedefi olduğunu belirlenmiştir. Yukarıda bahsedildiği gibi, MYC2, bitkideki jasmonik asit (JA) sinyal yolunda önemli bir rol oynayan ana düzenleyicidir ve özellikle, bitkilerin zararlı böceklerle ve patojenlere karşı savunma tepkilerini kontrol eder. Ayrıca MYC2, bitkide terpenoidler gibi savunma bileşiklerinin sentezini düzenleyen genlerin ifadesini de etkileyebilir. myc-2 mutantlarının, terpen sentaz transkriptlerinde önemli ölçüde azalmaya neden olduğu ve yabani tip bitkilere göre beyazsineklere daha çekici hale geldiği belirlenmiştir. β C1, MYC2 ile etkileşime geçerek, aynı zamanda beyazsineklere karşı glukosinolat ile ilişkili direnci de azaltır. Glukosinolatlar, otçul böceklerle karşı savunma işlevi olan ikincil metabolitlerdir (Hopkins ve ark., 2009). Mekanik olarak, viral β C1 proteini, MYC2 ile etkileşime geçerek onun işlevini manipüle eder, buna bağlı olarak terpen sentaz genleri, JA sinyalleşme ve glukosinolat sentez yolunu manipüle eder ve beyazsineklere karşı direnci baskılar, böylece begomovirüs-beyazsinek mutualizmini teşvik eder.

İlginç bir şekilde, betasatellit olmadığında, monopartit begomovirüsler, vektörlerinin performansını artırmak için başka stratejiler geliştirmişlerdir. Örneğin, TYLCV, viral genlerin bilinen bir transkripsiyon faktörü ve gen susturmayı baskılayan C2 genini kodlar (Kumar, 2019). C2 geni, bitki hormon

sinyalleşmesinde özellikle JA tarafından indüklenen savunma ve ikincil metabolizma gibi belirli yanıtları baskılayabilir (Rosas-Díaz ve ark., 2016). Li ve ark. (2019), TYLCV enfeksiyonunun beyazsinek vektörlerinin hayatta kalma oranını artırdığını ve üreme potansiyellerini artırdığını gözlemlemişlerdir. Yanı sıra C2 exprese eden transgenik bitkiler, TYLCV (monopartit begomovirüs)'nin beyazsinek vektörlerinin performansını artırma stratejilerini taklit eder. Bu bitkilerde C2 proteini üretilir ve bunun etkisi belirli genlerin baskılanmasına yol açar. Özellikle de, JA sinyalleşme yolunda yer alan ve bitkilerde savunma mekanizmalarında önemli rol oynayan terpen biyosenteziyle ilgili genlerin ifadesi baskılanır. Bu aynı zamanda transgenik bitkilerde, belirli genlerin baskılanması nedeniyle terpen biyosentezini de azalır. Sonuç olarak, bu bitkiler beyazsinekler için daha çekici hale gelir ve beyazsineklerin üreme yetenekleri artar.

Aynı makalede, N. tabacum RPS27A adlı bir proteinin (bitkideki bir protein olan ubiquitin alanı ile birleşik bir ribozomal protein) virüsün C2 proteini ile doğrudan etkileşime girdiği belirlenmiştir. RPS27A geninin susturulması, beyazsineklerin performansını artırmış ve bu durum, JAZ1'in parçalanmasının engellenmesi ve terpen sentezi ile ilişkili genlerin baskılanması ile ilişkilendirilmiştir (Li ve ark., 2019). RPS27A ve C2 arasındaki etkileşim, begomovirüslerin evrim sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Betasatelliti olmayan begomovirüsler arasında, RPS27A ve C2'nin etkileşimi evrimsel olarak korunmuştur. RPS27A ve C2 arasındaki etkileşim beyazsinek performansını etkiler. Betasatelliti olmayan başka bir monopartit begomovirüs olan PaLCuCNV'nin C2 proteini de RPS27A ile etkileşime girebilir. Bu etkileşim, beyazsineklerin performansını artırır. Ancak TYLCCNV gibi beyazsinek performansını artıran bir betasatelliti olan begomovirüsün C2 proteini, RPS27A ile etkileşime giremez. Bu bulgular, RPS27A ve C2 arasındaki etkileşimin, begomovirüslerin beyazsinekler üzerindeki etkilerini düzenlemede önemli bir evrimsel adaptasyon olduğunu göstermektedir. Betasatelliti olmayan begomovirüslerde RPS27A ve C2 arasındaki etkileşim, beyazsinek performansını artırarak virüsün yayılmasını kolaylaştırabilir (Luan ve ark., 2014). Farklı begomovirüslerin β C1 veya C2 proteinlerinin çeşitli post-translasyonel modifikasyon türleriyle, örneğin ubiquitin aracılı proteazomal bozunma, SUMOilasyon (Small Ubiquitin-like Modifier (SUMO)) veya fosforilasyon ile etkileşebildiğine dair birçok kanıt bulunmaktadır (Yang ve

ark., 2019; Kumar, 2019). Bu etkilerin potansiyel olarak virüsün vektörü manipüle etmesiyle ilişkili olup olmadığını belirlemek için deneysel veriler üretilmemiştir. Bununla birlikte, yukarıda da bahsedildiği gibi, diğer betasatellitler tarafından kodlanan β C1 proteininin semptom indüksiyonunda ve JA tarafından düzenlenen genlerin baskılanmasında doğrudan rol aldığı bilinmektedir. Bu nedenle, vektör manipülasyonu ile ilişkili olabilecek aşağıdaki gözlemleri burada belirtmek önemlidir.

Eini ve ark., (2009), Pamuk yaprak kıvrılma Multan virüsü (CLCuMuV) tarafından kodlanan β C1 geninin transgenik tütün bitkilerinde ifadesinin poliubikitinleştirilmiş protein seviyelerinde genel bir azalmaya yol açtığını göstermiştir. Poliubikitinasyon, hücrelerdeki proteinlerin hızlı bir şekilde bozunmasını sağlayan bir mekanizmadır. Bu süreçte, hedef proteinlere birden fazla ubiquitin molekülü eklenir ve bu poliubikitin zincirleri, 26S proteazom adı verilen büyük bir protein kompleksi tarafından tanınarak parçalanır. β C1 proteininin ise poliubikitinasyon sürecini etkileyerek hedef proteinlerin bozunmasını inhibe ettiği anlamına gelir. Bu bulgu, CLCuMuV'nin β C1 proteini aracılığıyla, bitki hücrelerindeki poliubikitinleştirilmiş proteinlerin seviyelerinin düşmesine neden olduğu ve bu da bitkide protein düzenlemesinde değişikliklere yol açabileceğini gösterir. Bu etki, virüsün replikasyonu ve yayılımı için avantaj sağlaması veya bitki savunma mekanizmalarını manipüle etmesi açısından önemli olabilir.

CLCuMuV β C1 ayrıca *Nicotiana benthamiana* NbSKP1 ile etkileşime girmiştir (Shen ve ark., 2016; Jia ve ark., 2016). NbSKP1, poliubikitinasyon ve 26S proteazom tarafından ardışık olarak bozunma işlemine dahil olan E3 ubiquitin ligaz ailesi SCF (SKP1-CUL1-F-box) kompleksinin önemli bir bileşenidir (Lechner ve ark., 2006). SKP1, diğer kompleks bileşenlerini F-box proteinine bağlayarak işlev görür. F-box proteinleri, SCF kompleksinin hedef proteinlere özgü bağlanmasını sağlayan kısımlardır. Bitkilerde yaklaşık 700 farklı F-box proteini tahmin edilmiştir, bu da bitkilerin substrat proteinlerin tanınması ve hedef proteinlerin poliubikitinasyonu ve bozunması gibi çeşitli biyolojik süreçleri kontrol etmek için çok çeşitli SCF kompleksleri oluşturma kapasitesine sahip olduğunu gösterir. Bunların arasında birkaç hormon sinyalleşme yolunun da bulunduğu düşünülmektedir. Örneğin, bitkilerde auxin, gibberellin, abscisic acid (ABA), jasmonik asit (JA) gibi hormonların sinyalleşmesine ilişkin süreçler, SCF kompleksleri tarafından düzenlenir. Bu

şekilde, bitkilerdeki çok çeşitli F-box proteinleri ve SCF kompleksleri, bitkisel gelişim, hormon yanıtları, immün yanıtlar ve diğer biyolojik süreçler gibi birçok farklı süreci düzenlemek için kullanılır (Lechner ve ark., 2006).

Örneğin, β C1, jasmonik asit (JA) reseptörü olarak görev yapan ve bitkilerde JA sinyalizasyonunu düzenleyen SCFCOI1 (Coronatine Insensitive 1)'in (JA reseptörü) bozunmasını artırır ve SCFSYL1 (Suppressor of Lec1-1)'nin bir substratı olan Gibberellic Acid Insensitive (GAI) proteinini stabilize eder. Bu da sırasıyla JA yanıtlarının ve gibberellik asit (GA) yollarının baskılanmasına yol açar (Jia ve ark., 2016). Lozano-Duran ve ark. (2011), Domates sarı yaprak kıvrılma Sardinia virüsü (TYLCSV)'nün C2 proteini ile CSN (COP9 sinyalozum) kompleksinin katalitik alt birimi arasında etkileşim olduğunu göstermiştir. Bu etkileşim, CSN'nin SCF ailesine ait E3 ubiquitin ligaz komplekslerini düzenleme yeteneğini etkiler. Sonuç olarak, C2 proteini JA sinyalleşme yolunu bozar (Rosas-Díaz ve ark., 2016; Lozano-Duran ve ark., 2011). Özetle, bu etkileşim sonucunda, bitkide JA'ya bağlı gen ifadesi ve biyokimyasal tepkilerin düzenlenmesi etkilenir. Bu da virüsün ev sahibi bitkinin savunma mekanizmalarını manipüle etmesine ve enfeksiyonun yayılmasına yardımcı olabilir.

Son derece dikkat çekici bir çalışmada, begomovirüslerin, bitki bağışıklığını yeniden programlayarak beyazsinek vektörlerinin performansını artırırken diğer otobur böceklerin performansını azaltabileceği gösterilmiştir (Zhao ve ark., 2019). Çalışmada, iki farklı begomovirüs (Pamuk yaprak kıvrılma Multan virüsü (CLCuMuV) ve TYLCCNV) ile ilişkili olan satelitler tarafından kodlanan β C1 proteininin, bitkilerin bağışıklık sistemini manipüle ettiği belirlenmiştir. β C1 proteininin, bitkideki bir transkripsiyon faktörü olan WRKY20 ile etkileşime girdiği gösterilmiştir. Bu etkileşim sonucunda, β C1 proteininin bitkide farklı otobur böceklerle karşı doku özgül bir yanıtı tetiklediği bulunmuştur. β C1 proteini, vasküler doku içinde indolik glukosinolat (GS) biyosentezini baskılar. Bu, beyazsinek vektörlerinin uygunluğunu artırır ve begomovirüslerin yayılmasını kolaylaştırır. Aynı zamanda, β C1, iletim demeti dışındaki organlarda alifatik glukosinolat birikimini artırır. Bu da beyazsinek vektörü olmayan pamuk kurduna karşı caydırıcı bir etki yapar. Çalışmada ayrıca, β C1 proteininin, SA (salisilik asit) sinyalizasyonunu da etkilediği belirlenmiştir. Stres olmayan koşullarda C1 proteininin WRKY20 ile etkileşime girmesi durumunda, salisilik asit (SA) sinyalizasyonunu

baskılandığı belirlenmiştir. SA, bitkilerde savunma tepkilerini tetikleyen ve hastalık direncini artıran önemli bir fitohormondur. Bu durumda, SA düzeyleri düşer ve bitkinin savunma tepkileri bastırılır. Bunun sonucunda, begomovirüslerin yayılması ve beyazsinek vektörlerinin uygunluğu artar. Ancak, enfeksiyon veya dışsal stres faktörleri gibi durumlarda C1 proteininin WRKY20 ile etkileşimine bağlı olarak SA sinyalizasyonu aktive olur ve SA sinyalizasyonunu ve biosentezini artırır. Bu, bitkinin savunma tepkilerini aktive etmesine ve hastalık direncini artırmasına yardımcı olur. Bu bulgular, C1 proteininin bitki bağışıklığı üzerinde karmaşık bir etkiye sahip olduğunu ve SA sinyalizasyonunu hem baskılayabildiğini hem de uyurabildiğini göstermektedir. Bu etkileşimler, begomovirüslerin bitkilerdeki savunma sistemini manipüle etmek ve kendi yayılma stratejilerini desteklemek için kullanabilecekleri bir yol sağlar.

5. Tospovirüsler

Tospovirus cinsi, Bunyaviridae familyasında sadece bitkileri infekteleyen tek cinstir. Negatif polariteli RNA'ya sahip Tospovirüsler yalnızca tripsler aracılığıyla bulaşır ve türü temsil eden üyesi olan Domates leke solgunluk virüsü (TSWV), *Frankliniella occidentalis* tarafından verimli bir şekilde taşınır ve bulaştırılır. Virüs ve vektör, özellikle geniş bir konakçı yelpazesi ve dünya çapında dağılımından dolayı birçok ekonomik öneme sahip tarım ürününe büyük zararlar verir. Bulaşma şekli persistent ve propagatif ve yüksek bulaşma için vektör içinde replikasyonun rolü önemlidir. TSWV larva evresinde edinilir, ancak sadece ergin bireyler virüsü bulaştırabilir. Virüs, midenin giriş bölgesinden kas hücrelerine ve nihayetinde tükürük bezlerine ulaşır (Whitfield, 2005). TSWV enfeksiyonu vektörün davranışını, beslenme alışkanlıklarını ve üreme yeteneğini etkiler (Stafford ve ark., 2011; Ogada ve ark., 2013) ve trips performansının lehine olacak şekilde bitki hormonal dengesine müdahale eder (Abe ve ark., 2012). Bir denemede, tripslerin (vektörün) davranışlarına odaklanılmıştır. Bu deneyde, tripsler larva evresinde TSWV'ye maruz bırakılmış ve daha sonra ergin dönemlerinde sağlıklı bitkileri veya enfekte yaprakları tercih etme şekilleri gözlemlenmiştir. Deney sonuçlarına göre, larva döneminde TSWV'ye maruz kalan ergin tripsler, gelişimleri sırasında sağlıklı bitkileri tercih etmiştir. Yani, bu tripsler, sağlıklı bitkilerin kokusunu veya özelliklerini daha çekici bulmuşlardır. Öte yandan,

larva döneminde TSWV'ye maruz kalmayan tripsler, gelişimleri sırasında enfekteli yaprakları tercih etmiştir. Bu tripsler ise, enfekte yaprakların kokusunu veya özelliklerini daha çekici bulmuşlardır (Shalileh ve ark., 2016). Bu deney açıkça vektör manipülasyonunun doğrudan bir örneğini sunmaktadır; yani, vektörün viral enfeksiyonla etkileşimi, sonraki davranışlarını ve konak seçimlerini etkilemiştir.

Son zamanlarda, Wu ve ark. (2019), TSWV'nin tripslerin davranışını nasıl etkilediğini moleküler düzeyde incelemişlerdir. Araştırmada, TSWV enfekteli biber veya *N. benthamiana* bitkilerin, sağlıklı bitkilere göre tripsler için daha çekici hale geldiği belirlenmiştir. Moleküler düzeyde incelendiğinde, bu değişimin nedeninin, TSWV'li bitkilerde monoterpen sentaz genlerinin baskılanması ve sağlıklı bitkilerin aksine linalool salınımının azalması olduğu bildirilmiştir. Halbuki sadece trips istilası ise monoterpen sentaz genlerini uyarmaktadır. Bu durum tripslerin tercihi ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, deneylerde biberdeki TSWV bireysel proteinlerinin, özellikle NSs proteininin, böcek davranışındaki değişimden sorumlu olduğu tespit edilmiştir. NSs, bitkilerde ve böceklerde işlev gören bir RNA silencing suppressor (RSS) olarak bilinmektedir, ancak işleyiş mekanizması hala tam olarak anlaşılmamıştır (Hedilve ark., 2015). Wu ve ark. (2019), ayrıca NSs'in MYC2 ile doğrudan etkileşime girdiğini, ancak aynı zamanda MYC3 ve MYC4 ile de etkileşime girdiğini keşfetmişlerdir. MYC'ler daha önce açıklandığı gibi bitki büyüme, gelişme ve savunma süreçlerinde rol oynayan transkripsiyon faktörlerini kodlayan genler grubudur. Ayrıca bu genler jasmonik asit (JA) ve diğer bitki hormonlarının sinyallerine duyarlıdır ve bu nedenle bitki savunma tepkilerinde önemli rol oynarlar. Özellikle, JA (jasmonik asit) sinyal yolağı, bitkilerin böcek zararlılara karşı savunma tepkilerini başlatmak için kullanılan bir mekanizmadır. NSs'in MYC2 ile doğrudan etkileşimi bulgusu, tripslerin tercih ettiği model bitki *Arabidopsis*'te üçlü MYC2/3/4 (MYC2, MYC3 ve MYC4) genlerinin "knockout" (KO) mutasyonlarının bulunmasıyla da uyumludur. "Knockout" mutasyonu, genin işlevini tamamen ortadan kaldıran bir gen mutasyonudur. Yani, MYC2/3/4 genlerinin üçlü KO mutasyonu, bu üç genin işlevini etkisiz hale getirir ve bu nedenle bu genlerin normal işlevlerini yerine getirmesini engeller. Yanı sıra NSs'nin bu etkileşimi ya da bağlanması, MYC2'nin normal işlevini baskılar ve bitkinin savunma mekanizmasını etkileyerek JA sinyal yollarının düzenlenmesini engeller. Sonuç olarak,

TSWV, NSs aracılığıyla bitki savunma tepkilerini baskılayabilir ve böylece kendi yayılma sürecini kolaylaştırabilir. Bu nedenle, NSs MYC2'ye bağlanarak, bitkinin savunmasını zayıflatır, tripslerin bu bitkileri daha fazla tercih etmelerini sağlar ve virüsün hayatta kalma ve yayılma şansını artırır.

6. Luteoviridae familyası virüsleri

Luteoviridae familyasının üyeleri, persistent, sirkülatif, non-propagatif ve floemle sınırlı virüslerdir (Gray ve Gildow, 2003). Sıklıkla yaprakbitleri tarafından bulaştırılırlar ve yaprakbitleri, floem damarlarındaki uzun süreli beslenme sırasında virüsü vücutlarına alırlar. Vektörün içindeki yolculuk, virüsün önce bağırsak bariyerini geçmesiyle başlar ve bağırsak hücrelerinin içinden geçerek hemokoel adı verilen vücut boşluğuna ulaşır. Sonraki adımda, virüs hemokoel içinde ilerler ve hedefi olan tükürük bezlerine ulaşmak için ardışık endositoz olayları gerçekleştirir. Virüs bu endositoz olayları ile tükürük bezlerine doğru hareket eder. Tükürük bezlerine ulaşan virüs, yaprakbiti tarafından diğer bir konak bitkiye bulaştırılmaya hazırdır ve başka bir bitki üzerinde beslendiğinde veya soktuğunda, tükürük yoluyla virüsü yeni konak bitkiye aktarır (Brault ve ark., 2010; Gray ve Gildow, 2003). Yukarıda belirtildiği gibi ve non-persistent virüslere zıt olarak, sirkülatif virüsler çok uzun süre bir virüsü taşıyabilir ve aktarabilir yani virulifer kalabilirler. Luteovirus ve polerovirus cinslerinden olan virüslerin, konak bitkilerinin niteliklerini değiştirdiğini gösteren kapsamlı bilgiler bulunmaktadır. Bu değişiklikler daha sonra yaprak bitlerinin bitki seçimini, beslenme davranışını ve performansını etkiler (Dáder ve ark., 2017; Mauck ve ark., 2012; Mauck, 2016; Eigenbrode ve ark., 2018; Bosque-Pérez ve ark., 2011). Enfekteli bitkiler, sağlıklı bitkilere göre yaprak biti taşıyıcıları için daha çekici hale gelir ve yaprak biti taşıyıcıları enfekte konaklarda genellikle daha hızlı gelişir ve daha fazla yavru üretirler. Virüsün neden olduğu enfeksiyon, yaprak biti taşıyıcılarının enfekte bitkileri tercihli olarak kolonileştirmesine yol açar. Enfekte yaprakların sararması, görsel olarak yaprak bitleri için daha çekici hale gelmelerine neden olan bir faktördür. Ancak, görsel ipuçları olmaksızın bile, kanatsız yaprak bitleri enfekte bitkilere tercihli olarak yerleşirler; bu da enfekte bitkilerden yayılan uçucu salınının (buharlaştan maddelerin) enfekte olmayan bitkilerden farklı olmasının önemli bir rol oynadığını gösterir (Eigenbrode ve ark., 2002; Medina-Ortega ve ark., 2009). Bazı çalışmalar, virüs enfekteli ve

enfektesiz bitkilerdeki bitki uçucu organik bileşiklerinin (VOC) bileşimindeki farklılıkları ele almış ve virüs kaynaklı bitkilerde üretilen bu bileşiklerinin vektörler için daha çekici olduğunu göstermiştir (Claudel ve ark. 2018). İlginç bir şekilde, VOC profilleri, viral enfeksiyonun gelişimiyle değişebilir ve bu da bitki uçucu organik bileşiklerine karşı hassas olan yaprak bitleri üzerinde beslenme, üreme ve yerleşim davranışları gibi dinamik tepkilere yol açabilir (Werner ve ark. 2009). Luteoviridler üzerine yapılan birkaç çalışma, virüsün vektör üzerinde doğrudan bir rolü olduğunu da bildirmiştir. Luteovirid taşıyan yaprak bitleri, enfekte olmayan bitkileri tercih ederken, virüs taşımayan yaprak bitleri daha çok enfekte bitkileri tercih etmiştir (Medina-Ortega ve ark. 2009; Carmo-Sousa ve ark. 2016). Ingwell ve ark. (2012), saf virüs içeren yapay bir diyetle beslenen yaprak bitlerinin, sağlıklı bitkilere yerleşmeyi tercih ettiğini bildirmişlerdir. Tersine, virüsle temas etmemiş yaprak bitleri, enfekte bitkiler tarafından tercih edilmiştir.

Luteovirid viral proteinlerinin doğası ve bitki-yaprak biti etkileşimlerine dahil olan hormonal yollarla ilgili ilk işaretler ancak son zamanlarda keşfedilmiştir. Patton ve arkadaşları (Patton ve ark. 2019), Potato leafroll virus (PLRV) ile enfekte olmuş patates bitkilerinde artan yaprak biti çekiciliği ve doğurganlığının, enfekte olmamış kontrol bitkilerine kıyasla JA ve etilen sinyalleşmesinde bir azalmayla ilişkili olduğunu bildirmiştir. PLRV, Polerovirus cinsinin bir üyesidir. N. benthamiana'da bireysel viral proteinlerin geçici ifadesi ve yaprak biti yerleşmesinden sonra fitohormon miktarı tespiti kullanılarak, bitki-yaprak biti etkileşimlerinde değişikliklere neden olan üç PLRV proteini belirlenmiştir: P0, P1 ve P7. P0 (polerovirüsler tarafından kodlanır ancak Arpa sarı cüce virüsü gibi luteovirüsler tarafından değil), RNA sessizleşmenin baskılayıcısıdır ve ev sahibi proteini otofaji yoluna hedefleyerek ARGONAUTE 1'in parçalanmasını teşvik eder (Pazhouhandeh ve ark. 2006; Derrien ve ark. 2012). P1, bir proteaz alanı ve viral genom bağlı protein (VPg) içeren replikasyonla ilişkili bir proteindir. P7, bir nükleik asit bağlama aktivitesine sahip küçük bir proteindir (Ashoub ve ark. 1998). Hem P0 hem de P1'in ektopik ifadesi, kontrol bitkilerine kıyasla yaprak bitlerinin SA ve JA indüksiyonunu engelledi. Yaprak bitleri yokken, P0 etilen üretimini tetiklerken, P7 ET salınımını engelledi, ancak yaprak bitlerinin varlığı bunda bir etkiye sahip değildi. Bu luteoviral enfeksiyon sırasındaki bu hormonal yolların karmaşık bir etkileşimi çözmek için ek araştırmalar gerekecektir.

REFERANSLAR

- Abe, H., Tomitaka, Y., Shimoda, T., Seo, S., Sakurai, T., Kugimiya, S., Tsuda, S., & Kobayashi, M. (2012). Antagonistic plant defense system regulated by phytohormones assists interactions among vector insect, thrips and a tospovirus. *Plant Cell Physiology*, 53(2), 204–212.
- Anindya, R., & Savithri, H. S. (2004). Potyviral NIa proteinase, a proteinase with novel deoxyribonuclease activity. *Journal of Biological Chemistry*, 279(31), 32159–32169.
- Ashoub, A., Rohde, W., & Prufer, D. (1998). In planta transcription of a second subgenomic RNA increases the complexity of the subgroup 2 luteovirus genome. *Nucleic Acids Research*, 26(2), 420–426.
- Bak, A., Cheung, A. L., Yang, C., Whitham, S. A., & Casteel, C. L. (2017). A viral protease relocates in the presence of the vector to promote vector performance. *Nature Communications*, 8(1), 1–10.
- Bak, A., Patton, M. K. F., Perilla-Henao, L. M., Aegerter, B. J., & Casteel, C. L. (2019). Ethylene signaling mediates potyvirus spread by aphid vectors. *Oecologia*, 190(1), 139–148.
- Baldwin, I. T., Kessler, A., & Halitschke, R. (2002). Volatile signaling in plant–plant–herbivore interactions: What is real? *Current Opinion in Plant Biology*, 5(4), 351–354.
- Berthelot, E., Ducouso, M., Macia, J.-L., Bogaert, F., Baecker, V., Thébaud, G., Gallet, R., Yvon, M., Blanc, S., & Khelifa, M. (2019). Turnip Mosaic Virus Is a Second Example of a Virus Using Transmission Activation for Plant-to-Plant Propagation by Aphids. *Journal of Virology*, 93(1), 1–11.
- Berthelot, E., Macia, J. L., Martinière, A., Morisset, A., Gallet, R., Blanc, S., Khelifa, M., & Drucker, M. (2019). Pharmacological analysis of transmission activation of two aphid-vectored plant viruses, turnip mosaic virus and cauliflower mosaic virus. *Scientific Reports*, 9(1), 1–7.
- Blanc, S., & Michalakakis, Y. (2016). Manipulation of hosts and vectors by plant viruses and impact of the environment. *Current Opinion in Insect Science*, 16, 36–43.
- Bosque-Pérez, N. A., & Eigenbrode, S. D. (2011). The influence of virus-induced changes in plants on aphid vectors: Insights from luteovirus pathosystems. *Virus Research*, 159(2), 201–205.

- Brault, V., Uzest, M., Monsion, B., Jacquot, E., & Blanc, S. (2010). Aphids as transport devices for plant viruses. *Comptes Rendus Biologies*, 333(6-7), 524–538.
- Burgyán, J., & Havelda, Z. (2011). Viral suppressors of RNA silencing. *Trends in Plant Science*, 16(5), 265–272.
- Carmo-Sousa, M., Moreno, A., Garzo, E., & Fereres, A. (2014). A non-persistently transmitted virus induces a pull-push strategy in its aphid vector to optimize transmission and spread. *Virus Research*, 186, 38–46.
- Carmo-Sousa, M., Moreno, A., Plaza, M., Garzo, E., & Fereres, A. (2016). Cucurbit aphid-borne yellows virus (CABYV) modifies the alighting, settling and probing behaviour of its vector *Aphis gossypii* favouring its own spread. *Annals of Applied Biology*, 169, 284–297.
- Carr, J. P., Donnelly, R., Tungadi, T., Murphy, A. M., Jiang, S., Bravo-Cazar, A., Yoon, J. Y., Cunniffe, N. J., Glover, B. J., & Gilligan, C. A. (2018). Viral manipulation of plant stress responses and host interactions with insects. *Advances in Virus Research*, 102, 177–197.
- Casteel, C. L., De Alwis, M., Bak, A., Dong, H., Whitham, S. A., & Jander, G. (2015). Disruption of ethylene responses by Turnip mosaic virus mediates suppression of plant defense against the green peach aphid vector. *Plant Physiology*, 169, 209–218.
- Casteel, C. L., Yang, C., Nanduri, A. C., De Jong, H. N., Whitham, S. A., & Jander, G. (2014). The NIa-Pro protein of Turnip mosaic virus improves growth and reproduction of the aphid vector, *Myzus persicae* (green peach aphid). *The Plant Journal*, 77(5), 653–663.
- Claudiel, P., Chesnais, Q., Fouché, Q., Krieger, C., Halter, D., Bogaert, F., Meyer, S., Boissinot, S., Hugueney, P., & Ziegler-Graff, V. (2018). The aphid-transmitted Turnip yellows virus differentially affects volatiles emission and subsequent vector behavior in two Brassicaceae plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(8), 2316.
- Csorba, T., Kontra, L., & Burgyán, J. (2015). Viral silencing suppressors: Tools forged to fine-tune host-pathogen coexistence. *Virology*, 479–480, 85–103.
- Csorba, T., Pantaleo, V., & Burgyán, J. (2009). RNA silencing: An antiviral mechanism. *Advances in Virus Research*, 75, 35–71.

- Dáder, B., Then, C., Berthelot, E., Ducouso, M., Ng, J. C. K., & Drucker, M. (2017). Insect transmission of plant viruses: Multilayered interactions optimize viral propagation. *Insect Science*, 24(6), 929–946.
- Derrien, B., Baumberger, N., Schepetilnikov, M., Viotti, C., De Cillia, J., Ziegler-Graff, V., Isono, E., Schumacher, K., & Genschik, P. (2012). Degradation of the antiviral component ARGONAUTE1 by the autophagy pathway. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40), 15942–15946.
- Dietzgen, R. G., Mann, K. S., & Johnson, K. N. (2016). Plant virus–insect vector interactions: Current and potential future research directions. *Viruses*, 8(10), 303.
- Ding, S. W. (2010). RNA-based antiviral immunity. *Nature Reviews Immunology*, 10(9), 632–644.
- Eigenbrode, S. D., Bosque-Pérez, N. A., & Davis, T. S. (2018). Insect-borne plant pathogens and their vectors: Ecology, evolution, and complex interactions. *Annual Review of Entomology*, 63, 169–191.
- Eigenbrode, S. D., Ding, H., Shiel, P., & Berger, P. H. (2002). Volatiles from potato plants infected with potato leafrollvirus attract and arrest the virus vector, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 269, 455–460.
- Eini, O., Dogra, S., Selth, L. A., Dry, I. B., Randles, J. W., & Rezaian, M. A. (2009). Interaction with a host ubiquitin-conjugating enzyme is required for the pathogenicity of a geminiviral DNA β satellite. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 22, 737–746.
- Fereres, A., & Moreno, A. (2009). Behavioural aspects influencing plant virus transmission by homopteran insects. *Virus Research*, 141, 158–168.
- Gnanasekaran, P., KishoreKumar, R., Bhattacharyya, D., Vinoth Kumar, R., & Chakraborty, S. (2019). Multifaceted role of geminivirus associated betasatellite in pathogenesis. *Molecular Plant Pathology*, 20, 1019–1033.
- Gray, S., & Gildow, F. E. (2003). Luteovirus–aphid interactions. *Annual Review of Phytopathology*, 41, 539–566.
- Gündoğdu, R., & Çelik, V. (2009). RNA interferans (RNAi). *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 25(1), 34–47.

- He, Z., Guo, J., Reitz, S., Lei, Z., & Wu, S. (2020). A global invasion by the thrip, *Frankliniella occidentalis*: Current virus vector status and its management. *Insect Science*, 27, 626–645.
- Hedil, M., Sterken, M. G., De Ronde, D., Lohuis, D., & Kormelink, R. (2015). Analysis of tospovirus nss proteins in suppression of systemic silencing. *PLoS ONE*, 10, 1–18.
- Hogenhout, S. A., Ammar, E.-D., Whitfield, A. E., & Redinbaugh, M. G. (2008). Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. *Annual Review of Phytopathology*, 46, 327–359.
- Hopkins, R. J., van Dam, N. M., & van Loon, J. J. A. (2009). Role of glucosinolates in insect-plant relationships and multitrophic interactions. *Annual Review of Entomology*, 54, 57–83.
- Howe, G. A., & Jander, G. (2008). Plant immunity to insect herbivores. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 41–66.
- Ingwell, L. L., Eigenbrode, S. D., & Bosque-Pérez, N. A. (2012). Plant viruses alter insect behavior to enhance their spread. *Scientific Reports*, 2, 1–6.
- Jacquemond, M. (2012). *Cucumber Mosaic Virus* (pp. 439–504). Academic Press: Cambridge, MA, USA.
- Jia, Q., Liu, N., Xie, K., Dai, Y., Han, S., Zhao, X., Qian, L., Wang, Y., Zhao, J., Gorovits, R., et al. (2016). CLCuMuB β C1 subverts ubiquitination by interacting with NbSKP1s to enhance geminivirus infection in *Nicotiana benthamiana*. *PLoS Pathogens*, 12, 1–30.
- Kumar, R. V. (2019). Plant antiviral immunity against geminiviruses and viral counter-defense for survival. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1–17.
- Lechner, E., Achard, P., Vansiri, A., Potuschak, T., & Genschik, P. (2006). F-box proteins everywhere. *Current Opinion in Plant Biology*, 9, 631–638.
- Lewsey, M. G., Murphy, A. M., Maclean, D., Dalchau, N., Westwood, J. H., Macaulay, K., Bennett, M. H., Moulin, M., Hanke, D. E., Powell, G., et al. (2010). Disruption of two defensive signaling pathways by a viral RNA silencing suppressor. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 23, 835–845.
- Li, F., Yang, X., Bisaro, D. M., & Zhou, X. (2018). The β C1 protein of geminivirus–betasatellite complexes: A target and repressor of host defenses. *Molecular Plant*, 11, 1424–1426.

- Li, P., Liu, C., Deng, W. H., Yao, D. M., Pan, L. L., Li, Y. Q., Liu, Y. Q., Liang, Y., Zhou, X. P., & Wang, X. W. (2019). Plant begomoviruses subvert ubiquitination to suppress plant defenses against insect vectors. *PLoS Pathogens*, 15, 1-17.
- Li, R., Weldegergis, B. T., Li, J., Jung, C., Qu, J., Sun, Y., Qian, H., Tee, C., van Loon, J. J., Dicke, M., et al. (2014). Virulence factors of geminivirus interact with MYC2 to subvert plant resistance and promote vector performance. *Plant Cell*, 26, 4991–5008.
- Lozano-Duran, R., & Bejarano, E. R. (2011). Geminivirus C2 protein might be the key player for geminiviral co-option of SCF-mediated ubiquitination. *Plant Signaling & Behavior*, 6, 999–1001.
- Luan, J. B., Wang, X. W., Colvin, J., & Liu, S. S. (2014). Plant-mediated whitefly-begomovirus interactions: Research progress and future prospects. *Bulletin of Entomological Research*, 104, 267–276.
- Martinière, A., Bak, A., Macia, J. L., Lautredou, N., Gargani, D., Doumayrou, J., Garzo, E., Moreno, A., Fereres, A., Blanc, S., et al. (2013). A virus responds instantly to the presence of the vector on the host and forms transmission morphs. *eLife*, 2013, 1–26.
- Mauck, K., Bosque-Pérez, N. A., Eigenbrode, S. D., De Moraes, C. M., & Mescher, M. C. (2012). Transmission mechanisms shape pathogen effects on host-vector interactions: Evidence from plant viruses. *Functional Ecology*, 26, 1162–1175.
- Mauck, K. E. (2016). Variation in virus effects on host plant phenotypes and insect vector behavior: What can it teach us about virus evolution? *Current Opinion in Virology*, 21, 114–123.
- Mauck, K. E., Chesnais, Q., & Shapiro, L. R. (2018). Evolutionary determinants of host and vector manipulation by plant viruses. *Advances in Virus Research*, 101, 189–250.
- Mauck, K. E., De Moraes, C. M., & Mescher, M. C. (2010). Deceptive chemical signals induced by a plant virus attract insect vectors to inferior hosts. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 107, 3600–3605.
- Medina-Ortega, K. J., Bosque-Pérez, N. A., Ngumbi, E., Jiménez-Martínez, E. S., & Eigenbrode, S. D. (2009). *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera:

- Aphididae) responses to volatile cues from Barley yellow dwarf virus-infected wheat. *Environmental Entomology*, 38, 836–845.
- Morin, S., Ghanim, M., Zeidan, M., Czosnek, H., Verbeek, M., & Van Den Heuvel, J. F. J. M. (1999). A GroEL homologue from endosymbiotic bacteria of the whitefly *Bemisia tabaci* is implicated in the circulative transmission of tomato yellow leaf curl virus. *Virology*, 256, 75–84.
- Nakahara, K. S., & Masuta, C. (2014). Interaction between viral RNA silencing suppressors and host factors in plant immunity. *Current Opinion in Plant Biology*, 20, 88–95.
- Navas-Castillo, J., Fiallo-Olivé, E., & Sánchez-Campos, S. (2011). Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. *Annual Review of Phytopathology*, 49, 219–248.
- Ng, J. C. K., & Falk, B. W. (2006). Virus-vector interactions mediating nonpersistent and semipersistent transmission of plant viruses. *Annual Review of Phytopathology*, 44, 183–212.
- Nurmberg, P. L., Knox, K. A., Yun, B. W., Morris, P. C., Shafi, R., Hudson, A., & Loake, G. J. (2007). The developmental selector AS1 is an evolutionarily conserved regulator of the plant immune response. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 104, 18795–18800.
- Ogada, P. A., Maiss, E., & Poehling, H. M. (2013). Influence of tomato spotted wilt virus on performance and behaviour of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*). *Journal of Applied Entomology*, 137, 488–498.
- Palukaitis, P., & Garcia-Arenal, F. (2003). Cucumoviruses. *Advances in Virus Research*, 62, 241–323.
- Patton, M. F., Bak, A., Sayre, J. M., Heck, M. L., & Casteel, C. L. (2019). A polerovirus, Potato leafroll virus, alters plant-vector interactions using three viral proteins. *Plant Cell and Environment*, 1–13.
- Pazhouhandeh, M., Dieterle, M., Marrocco, K., Lechner, E., Berry, B., Brault, V., Hemmer, O., Kretsch, T., Richards, K. E., Genschik, P., et al. (2006). F-box-like domain in the polerovirus protein P0 is required for silencing suppressor function. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 103, 1994–1999.

- Pumplin, N., & Voinnet, O. (2013). RNA silencing suppression by plant pathogens: Defence, counter-defence and counter-counter-defence. *Nature Reviews Microbiology*, 11, 745–760.
- Rajabaskar, D., Bosque-Pérez, N. A., & Eigenbrode, S. D. (2014). Preference by a virus vector for infected plants is reversed after virus acquisition. *Virus Research*, 186, 32–37.
- Rajamäki, M. L., & Valkonen, J. P. T. (2009). Control of nuclear and nucleolar localization of nuclear inclusion protein a of picorna-like potato virus a in *Nicotiana* species. *Plant Cell*, 21, 2485–2502.
- Revers, F., & García, J. A. (2015). Molecular biology of potyviruses. *Advances in Virus Research*, 92, 101–199.
- Rosas-Díaz, T., Macho, A. P., Beuzón, C. R., Lozano-Durán, R., & Bejarano, E. R. (2016). The C2 protein from the geminivirus Tomato Yellow leaf curl Sardinia virus decreases sensitivity to jasmonates and suppresses jasmonate-mediated defences. *Plants*, 5, 8.
- Shalileh, S., Ogada, P. A., Moualeu, D. P., & Poehling, H. (2016). Behavior manipulation of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) by Tomato Spotted Wilt Virus (Tospovirus) via the host plant nutrients to enhance its transmission and spread. *Environmental Entomology*, 45, 1235–1242.
- Shen, Q., Hu, T., Bao, M., Cao, L., Zhang, H., Song, F., Xie, Q., & Zhou, X. (2016). Tobacco RING E3 Ligase NtRFP1 mediates ubiquitination and proteasomal degradation of a Geminivirus-encoded β C1. *Molecular Plant*, 9, 911–925.
- Stafford, C. A., Walker, G. P., & Ullman, D. E. (2011). Infection with a plant virus modifies vector feeding behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 108, 9350–9355.
- Tungadi, T., Donnelly, R., Qing, L., Iqbal, J., Murphy, A. M., Pate, A. E., Cunniffe, N. J., & Carr, J. P. (2019). Cucumber mosaic virus 2b proteins inhibit virus-induced aphid resistance in tobacco. *Molecular Plant Pathology*, 21, 250–257.
- Tungadi, T., Groen, S. C., Murphy, A. M., Pate, A. E., Iqbal, J., Bruce, T. J. A., Cunniffe, N. J., & Carr, J. P. (2017). Cucumber mosaic virus and its 2b protein alter emission of host volatile organic compounds but not aphid vector settling in tobacco. *Virology Journal*, 14, 1–9.

- Wan, Y., Hussain, S., Merchant, A., Xu, B., Xie, W., Wang, S., Zhang, Y., Zhou, X., Wu, Q. (2020). Tomato spotted wilt orthotospovirus influences the reproduction of its insect vector, western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, to facilitate transmission. *Pest Management Science*, 76, 2406–2414.
- Wang, X. W., Li, P., Liu, S. S. (2017). Whitefly interactions with plants. *Current Opinion in Insect Science*, 19, 70–75.
- Wasternack, C., & Strnad, M. (2019). Jasmonates are signals in the biosynthesis of secondary metabolites — Pathways, transcription factors, and applied aspects — A brief review. *New Biotechnology*, 48, 1–11.
- Werner, B. J., Mowry, T. M., Bosque-Perez, N. A., Ding, H., & Eigenbrode, S. D. (2009). Changes in green peach aphid responses to potato leafroll virus-induced volatiles emitted during disease progression. *Environmental Entomology*, 38, 1429–1438.
- Westwood, J. H., Groen, S. C., Du, Z., Murphy, A. M., Anggoro, D. T., Tungadi, T., Luang-In, V., Lewsey, M. G., Rossiter, J. T., Powell, G., et al. (2013). A trio of viral proteins tunes aphid-plant interactions in *Arabidopsis thaliana*. *PLoS ONE*, 8, 1–18.
- Whitfield, A. E., Falk, B. W., & Rotenberg, D. (2015). Insect vector-mediated transmission of plant viruses. *Virology*, 479–480, 278–289.
- Whitfield, A. E., Ullman, D. E., & German, T. L. (2005). Tospovirus-Thrips Interactions. *Annual Review of Phytopathology*, 43, 459–489.
- Wu, D., Qi, T., Li, W. X., Tian, H., Gao, H., Wang, J., Ge, J., Yao, R., Ren, C., Wang, X. B., et al. (2017). Viral effector protein manipulates host hormone signaling to attract insect vectors. *Cell Research*, 27, 402–415.
- Wu, X., Xu, S., Zhao, P., Zhang, X., Yao, X., Sun, Y., Fang, R., & Ye, J. (2019). The orthotospovirus nonstructural protein NSs suppresses plant MYC-regulated jasmonate signaling leading to enhanced vector attraction and performance. *PLoS Pathogens*, 15, e1007897.
- Yang, J., Duan, G., Li, C., Liu, L., Han, G., Zhang, Y., & Wang, C. (2019). The crosstalks between jasmonic acid and other plant hormone signaling highlight the involvement of jasmonic acid as a core component in plant response to biotic and abiotic stresses. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1–12.

- Yang, J. Y., Iwasaki, M., Machida, C., Machida, Y., Zhou, X., & Chua, N. H. (2008). β Cl, the pathogenicity factor of TYLCCNV, interacts with AS1 to alter leaf development and suppress selective jasmonic acid responses. *Genes & Development*, 22, 2564–2577.
- Yang, X., Guo, W., Li, F., Sunter, G., & Zhou, X. (2019). Geminivirus-associated betasatellites: Exploiting chinks in the antiviral arsenal of plants. *Trends in Plant Science*, 24, 519–529.
- Zhang, T., Luan, J. B., Qi, J. F., Huang, C. J., Li, M., Zhou, X. P., & Liu, S. S. (2012). Begomovirus-whitefly mutualism is achieved through repression of plant defences by a virus pathogenicity factor. *Molecular Ecology*, 21, 1294–1304.
- Zhao, J. H., Liu, X. L., Fang, Y. Y., Fang, R. X., & Guo, H. S. (2018). CMV2b-dependent regulation of host defense pathways in the context of viral infection. *Viruses*, 10, 618.
- Zhao, P., Yao, X., Cai, C., Li, R., Du, J., Sun, Y., Wang, M., Zou, Z., Wang, Q., Kliebenstein, D. J., et al. (2019). Viruses mobilize plant immunity to deter nonvector insect herbivores. *Science Advances*, 5, eaav9801.
- Ziebell, H., Murphy, A. M., Groen, S. C., Tungadi, T., Westwood, J. H., Lewsey, M. G., Moulin, M., Kleczkowski, A., Smith, A. G., Stevens, M., et al. (2011). Cucumber mosaic virus and its 2b RNA silencing suppressor modify plant-aphid interactions in tobacco. *Scientific Reports*, 1, 1–7.

BÖLÜM 2

DURIAN MEYVESİ

Prof. Dr. Muharrem ERGUN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15850459>

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye
Orchid No: 0000-0002-0213-1245, Email: muharrem.ergun@yahoo.com

Giriş

Durian (*Durio zibethinus* Murr.), Güneydoğu Asya'nın tropikal iklim koşullarına özgü bir meyve türü olup, bölge ekonomisinde tarımsal üretim ve dış ticaret açısından stratejik bir yere sahiptir (Şekil 1). Özellikle Tayland, Malezya, Endonezya ve Vietnam gibi ülkelerde yaygın olarak yetiştirilen durian, hem iç piyasada tüketici talebini karşılamakta hem de ihracat yoluyla önemli gelir kaynaklarından biri olarak değerlendirilmektedir. Tayland, dünya durian üretiminde ve ihracatında lider ülke konumundadır; 2023 yılı itibarıyla yaklaşık 1.2 milyon bin tonluk üretim hacmine ulaşmıştır (Mordor Intelligence, 2023). Özellikle Çin başta olmak üzere bölgesel pazarlarda artan talep, üretim alanlarının genişletilmesini teşvik etmektedir (Tran ve vd., 2020).



Şekil 1. Durian meyvesi, ‘Monthong’ çeşidi (Srisomthavil, 2016).

Durian yetiştiriciliğinde yüksek verim ve kaliteli meyve üretimi, pek çok tarımsal faktörün etkin ve entegre biçimde yönetilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda, uygun çeşit seçimi, doğru dikim teknikleri, düzenli sulama ve gübreleme, dengeli budama uygulamaları ile etkin hastalık ve zararlı kontrolü temel üretim girdileri olarak öne çıkmaktadır. Günümüzde ticari amaçlı üretimde yaygın olarak tercih edilen çeşitler arasında Tayland orijinli ‘Monthong’, ‘Chane’ ve ‘Kanyao’ bulunmaktadır (Somsri, 2017). Bu çeşitlerin bazıları kendine verimli olmamakla birlikte, meyve tutum oranlarını

artırmak amacıyla farklı çeşitlerin birlikte dikilmesi önerilmektedir (Somsri, 2008).

Durian üretiminde karşılaşılan önemli problemlerden biri, meyve kalitesini olumsuz etkileyen fizyolojik bozukluklardır. Bu bozukluklar; iklimsel değişkenlik, toprak yapısı, su stresi ve mineral besin dengesi gibi çevresel faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu nedenle, üretim süreci boyunca doğru yönetim stratejilerinin benimsenmesi, hem verim hem de kalite açısından büyük önem arz etmektedir (Siddiq and Nasir, 2012).

Durian ağaçları, çiçeklenmeye geçebilmek için genellikle belirgin ve uzun süren bir kuraklık dönemine ihtiyaç duyar. Ancak, yıl boyunca düzenli yağış alan bölgelerde bu doğal döngü bozulmakta ve üretim takvimi düzensizleşmektedir. Bu sorunu dengelemek amacıyla son yıllarda çiçeklenmeyi teşvik edici tarımsal uygulamalar geliştirilmiştir. Özellikle sezon dışı üretimin, pazarda daha yüksek fiyatlarla değerlendirilebilmesi, bu tekniklerin önemini artırmaktadır (Salakpetch, 2005).

Hasat teknikleri ve hasat sonrası işlemler, meyvenin kalite özelliklerinin korunması, raf ömrünün uzatılması ve ihracat değeri açısından kritik rol oynamaktadır. Örneğin Malezya'da durian meyveleri, ağaçta doğal olarak olgunlaştıktan sonra hasat edilmektedir. Buna karşın Tayland ve Vietnam gibi ülkelerde, meyveler tam olgunluk aşamasına ulaşmadan toplanmakta ve etefon gibi etilen salınımını artırıcı büyüme düzenleyicileriyle işlem görmektedir. Bu uygulamalar sayesinde meyvelerde olgunluk düzeyi homojenleştirilmekte, ayrıca nakliye sürecine karşı dayanıklılık artırılmaktadır (Wiangsamut ve vd., 2021).

Bununla birlikte durian meyvesi, yalnızca taze tüketimle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda katma değerli ürünlerin geliştirilmesinde de önemli bir potansiyele sahiptir. Dondurulmuş meyve, un, şekerleme, reçel ve işlenmiş gıda ürünleri gibi çeşitli formlarda değerlendirilerek ekonomik getirisi artırılmakta ve ürün çeşitliliği sağlanmaktadır (Tran ve vd., 2024).

Durian, sahip olduğu yüksek ekonomik değerin yanı sıra, kültürel ve gastronomik anlamda da Güneydoğu Asya ülkeleri için özel bir yere sahiptir. Bu bağlamda sürdürülebilir durian üretimi ve işlenmesi, bölgesel tarım politikalarının öncelikli gündem maddeleri arasında yer almakta; bilimsel temelli üretim sistemlerinin geliştirilmesi ise sektörün geleceği açısından kritik öneme sahip olmaktadır (Tran ve vd., 2024).

Bu kitap bölümü, durian meyvesini, botanik özelliklerini, yetiştirme tekniklerini ve ekonomik-kültürel önemini tanıtarak, Türk araştırmacı ve ilgililere kapsamlı bir bilgi kaynağı sunmayı amaçlamaktadır. Aynı zamanda durianın Türkiye'deki yetiştiricilik potansiyelini değerlendirmekte ve tropikal meyve üretimine ilgi duyan araştırmacılar ile üreticiler için rehber niteliği taşımaktadır.

Tarihçe ve etimoloji

Durian Güneydoğu Asya'nın hem tarımsal üretim hem de kültürel kimliği açısından en önemli meyve türlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Yüzyıllardır yerel topluluklar tarafından yetiştirilen bu meyve, bölge halkının mutfağında ve geleneklerinde köklü bir yere sahiptir. Durian'a ilişkin ilk tarihsel kayıtlar, bölgedeki yerel kullanımın çok eski zamanlara dayandığını göstermektedir. Günümüzde ise durian, yalnızca ana vatanı olan Güneydoğu Asya'da değil, tropikal iklim koşullarına sahip diğer ülkelerde de sınırlı ölçekte üretimi yapılan bir meyve haline gelmişti (Brown, 1997; Tran ve vd., 2024).

Batı dünyasında durian meyvesine dair bilinen en erken tanım, 15. yüzyılın başlarında Güneydoğu Asya'yı ziyaret eden İtalyan seyyah ve tüccar Niccolò de' Conti tarafından yapılmıştır. Conti'nin seyahat notlarında yer alan durian betimlemeleri, meyvenin Sumatra ve Borneo adaları kökenli olduğunu ve Malezya Yarımadası'nda doğal yayılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu gözlemler daha sonra Bracciolini (1857) tarafından belgelenerek Batı literatürüne kazandırılmıştır.

Durian kelimesi, Malay dilindeki 'duri' (diken) sözcüğünden türetilmiş olup, meyvenin kalın ve dikenli dış kabuğunu ifade etmektedir. Bilimsel adı olan *zibethinus* ise, meyvenin karakteristik keskin kokusunun Asya misk kedisi (*Viverra zibetha*) ile olan benzerliğine atıfta bulunur (Hawson, 1983; Watson, 1984). Bu benzersiz aroma, durianı sevenler kadar hoşlanmayanlar açısından da ayırt edici bir özellik olarak tanımlanmakta; bu durum meyveye 'meyvelerin kralı' unvanını kazandırmakla birlikte tüketimi konusunda tartışmalı bir kimlik kazandırmaktadır (Tran ve vd., 2024).

Coğrafi yayılım ve kültürel önemi

Durianın doğal yayılış alanı, Güneydoğu Asya'nın nemli tropikal bölgeleriyle sınırlıdır. Özellikle Malezya Yarımadası, Borneo ve Sumatra

adaları, bu türün anavatanı olarak kabul edilmekte olup, aynı zamanda genetik çeşitliliğin en yoğun gözlemlendiği merkezlerdir. Bu bölgelerde doğal seleksiyon süreçleri ve insan eliyle gerçekleştirilen kültürleştirme uygulamaları sonucunda türün farklı ekotiplere ortaya çıkmıştır. Zaman içerisinde tarımsal yayılma, yerel adaptasyon ve çeşit seçimi yoluyla *Durio zibethinus*; Tayland, Endonezya, Vietnam, Filipinler, Brunei ve Kamboçya gibi komşu ülkelere de yayılmıştır (Şekil 2; Morton, 1987; Brown, 1997).



Şekil 2. Durian meyvesinin doğal ve ticari yetiştirildiği bölgeler (Wikipedia Commons, 2025)

Yirminci yüzyılın ortalarından itibaren durian, yerel tüketimin ötesine geçerek ticari bir ürün kimliği kazanmış ve üretim alanları giderek genişlemiştir. Bu süreçte özellikle Tayland ve Malezya, yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesi ve ihracata yönelik üretim tekniklerinin uygulanması bakımından öncü ülkeler olmuştur. Günümüzde durian üretimi, Güneydoğu Asya dışına da taşmış; Papua Yeni Gine, Hindistan'ın güney kesimleri, Sri Lanka ve Avustralya'nın kuzey bölgeleri (özellikle Queensland) gibi tropikal iklim kuşağında yer alan ülkelerde sınırlı ölçekte de olsa gerçekleştirilmektedir. Ayrıca deneme ve adaptasyon amacıyla Zanzibar, Honduras ve Doğu Afrika'nın bazı bölgelerinde de durian yetiştiriciliği yapılmaktadır (Brown, 1997).

Durianın tarihsel gelişimi yalnızca taksonomik sınıflandırma açısından değil; aynı zamanda kültürel kimliği, tarımsal yayılımı ve ekonomik katkıları bakımından da çok katmanlı bir öneme sahiptir. Meyve geleneksel pazarların

ötesine geçerek küresel meyve ticaretinde kendine önemli bir yer edinmiş; ihracat potansiyeli ve katma değer yaratma kapasitesiyle dikkat çeken bir tarımsal ürün haline gelmiştir (Tran ve vd., 2024).

Yetiştirildiği bölgeler, üretim ve ticareti

Durian Güneydoğu Asya'nın tropikal iklim koşullarına uyum sağlamış ve bu bölgelerde geniş bir üretim alanı bulmuş önemli bir meyve türüdür. Özellikle Tayland, Endonezya, Malezya, Vietnam ve Filipinler, hem üretim hem de tüketim açısından önde gelen ülkelerdir. 2023 yılı verilerine göre Tayland, yaklaşık 1,2 milyon tonluk üretimiyle dünya durian üretiminde lider konumda olup; onu 900 bin tonla Endonezya, 450 bin tonla Malezya, 350 bin tonla Vietnam ve 100 bin tonla Filipinler takip etmektedir (Mordor Intelligence, 2023). Bunun yanı sıra, Avustralya'nın Queensland ve Northern Territory bölgelerinde yılda yaklaşık 5.000 tonluk sınırlı üretim yapılmakta; Sri Lanka, Papua Yeni Gine ve Hindistan'ın güney eyaletlerinde ise daha küçük ölçekli yetiştiricilik faaliyetleri yürütülmektedir (Tran ve vd., 2024).

2024 yılı itibarıyla, Çin pazarına doğrudan giriş sağlayan yeni bitki sağlığı protokolleri sayesinde Vietnam ve Filipinler gibi ülkeler, durian ihracatında Tayland'a ciddi bir rekabet oluşturmaya başlamıştır. Özellikle Vietnam, Mekong Deltası bölgesindeki durian üretim kapasitesini artırmış ve Çin'e doğrudan ihracata başlamıştır. Bu gelişme, Tayland'ın pazar payını tehdit ederken rekabetin artmasına neden olmuştur (Tantrakoonsab ve Tantrakoonsab, 2021).

Durian yalnızca taze meyve olarak değil, aynı zamanda çeşitli işlenmiş formlarda da uluslararası pazarda değerlendirilmektedir. Dondurulmuş durian, durian ezmesi, kurutulmuş dilimler, durian aromalı şekerleme ve dondurmalar gibi ürünler, özellikle Uzak Doğu ve Batı pazarlarında talep görmektedir. Bu ürünler, raf ömrünün uzatılması ve tüketiciye farklı formatlarda sunulması sayesinde pazarlama esnekliği sağlamaktadır (Siddiq and Naisr, 2012).

Durian ticaretinde dikkat çeken bir diğer unsur, coğrafi işaretleme ve markalaşma çalışmalarının ön plana çıkmasıdır. Tayland'ın 'Monthong' çeşidi, yüksek kalite algısı nedeniyle daha yüksek fiyatla pazarlanmakta ve premium ürün kategorisinde değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, üretici birlikleri ve devlet destekli sertifikasyon sistemleri ile ürünlerin izlenebilirliği ve pazardaki güvenilirliği artırılmaktadır (Chanachot ve vd., 2024).

Sosyal medya, canlı yayın uygulamaları ve online pazarlama platformları, durian satışlarını artırmak için etkin biçimde kullanılmaktadır. Özellikle Çin, Endonezya ve Malezya gibi ülkelerde dijital pazarlama stratejileriyle doğrudan tüketiciye ulaşmak mümkün hâle gelmiştir. Bu durum, küçük ölçekli üreticilerin de uluslararası pazara erişimini kolaylaştırmaktadır (Tran ve vd., 2024).

Tayland

Tayland'da durian üretimi başlıca doğu (Chanthaburi, Rayong, Trat) ve güney (Nakhon Si Thammarat, Chumphon) bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Chanthaburi, ülkenin 'durian başkenti' olarak anılmakta ve büyük ihracat hacmine sahiptir. İklim koşullarına bağlı olarak doğu bölgelerinde nisan - temmuz, güneyde ise temmuz - eylül dönemlerinde hasat yapılmaktadır (Lim ve Luders, 2009). Tayland, dünya durian ihracatının en büyük tedarikçisi olmasına rağmen, üretimin önemli bir bölümü yerel pazarda da tüketilmektedir (Somsri, 2017; Lim ve Luders, 2009; Ketsa, 2020).

Malezya

Malezya'da durian yetiştiriciliği kuzey, orta ve güney bölgelerin yanı sıra Borneo Adası'ndaki Sabah ve Sarawak eyaletlerini kapsamaktadır. Batı ve güney kesimlerde ana hasat dönemi Haziran-Ağustos iken, doğu Malezya'da kasım - aralık aylarında daha sınırlı bir hasat gerçekleşmektedir (Lim ve Luders, 2009). Üretilen durianın büyük bölümü yerel pazarda tüketilmekte, ihracat ise ağırlıklı olarak Singapur ve Brunei'ye yapılmaktadır. Bununla birlikte, Tayland'dan sezon dışı ithalat da söz konusudur (Subhadrabandhu ve Ketsa, 2001).

Endonezya

Endonezya'da durian üretimi Sumatra, Java ve Güney Sulawesi gibi Ekvator'a yakın bölgelerde yoğunlaşmıştır. Sumatra'daki üretim modeli, diğer Güneydoğu Asya ülkeleriyle benzerlik gösterirken, hasat genellikle ekim - şubat ayları arasında yoğunlaşır. Durian genellikle küçük ölçekli tarımsal ormancılık sistemlerinde, diğer meyve ağaçları ve kauçuk ile birlikte yetiştirilmektedir (Langford, 2014).

Vietnam

Vietnam’da durian üretimi ağırlıklı olarak Mekong Deltası, Güneydoğu Bölgesi ve Orta Yaylalar’da yoğunlaşmıştır. Mekong Deltası’nda, düşük rakım ve yıl boyu sulama imkânı sayesinde üretim süreklilik kazanmıştır. Tiên Giang, ülkenin en büyük üretim alanına sahiptir. Buna karşın, kurak dönemlerin yaşandığı Dong Nai, Lam Dong ve Daklak gibi bölgelerde su sıkıntısı çiçeklenmeyi sınırlandırmakta ve hasat genellikle Temmuz–Eylül aylarında gerçekleşmektedir (Hau ve Hieu, 2015).

Botanik sınıflandırma ve morfolojik özellikleri

Durian, taksonomik açıdan geçmişte *Bombacaceae* familyası içerisinde sınıflandırılmıştır (Schumann, 1895). Ancak son yıllarda gerçekleştirilen moleküler filogenetik çalışmalar ve morfolojik analizler, bu geleneksel sınıflandırmanın revize edilmesine neden olmuştur. Güncel sistematik yaklaşımlar doğrultusunda, *Durio* cinsi *Malvaceae* familyasının *Helicteroideae* alt familyası altında yer almaktadır (Nyffeler ve Baum, 2000; Mabberley, 2017). Bu yeniden sınıflandırma; yaprak morfolojisi, çiçek yapısı ve meyve anatomisi gibi morfolojik karakterlerle birlikte moleküler verilerle de desteklenmiştir.

Durio cinsi altında yaklaşık 27 tür tanımlanmış olmakla birlikte, ekonomik açıdan ön plana çıkan ve yaygın olarak kültüre alınan tür yalnızca *Durio zibethinus*’tur (Kanzaki ve vd., 1998). Diğer türler genellikle doğal habitatlarında yabani formlarda bulunmakta veya yalnızca yerel halk tarafından sınırlı ölçekte yetiştirilmektedir. Bu türler, genetik çeşitliliğin korunması, ıslah programları ve iklim değişikliğine karşı adaptasyon stratejileri açısından potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilmektedir (Tran ve vd., 2024).

Ağaç Morfolojisi

Doğal koşullarda durian ağaçları 50 metreye kadar büyüebilmekle birlikte, ticari plantasyonlarda genellikle 10–15 metre boyunda tutulur (Şekil 3). Aşılı bireylerde bu boy 8–12 metre arasında sınırlandırılarak hasat ve bakım kolaylığı sağlanır (Nakasone ve Paull, 1998). Gövde düz ve diktir; kabuk kalın, çatlaklı ve koyu kahverengi tonlardadır. Yapraklar spiral dizilimli olup, eliptik ya da dikdörtgeni andırır bir formda 10–18 cm uzunluk ve 5–7 cm genişliktedir. Yaprığın üst yüzeyi koyu yeşil ve parlakken, alt yüzeyi açık kahverengi tüylerle kaplıdır (Ketsa ve vd., 2020).



Şekil 3. Tayland’da bulunan durian bahçesinden bir görünüm (Tonton, 2023)

Meyve Morfolojisi

Durian meyvesi, iri boyutları ve dikenli kabuğuyla tanınır. Meyve şekli yuvarlak, eliptik veya dikdörtgene benzer bir formda olabilir. Ortalama olarak 15–30 cm uzunluğa, 10–20 cm çapa ve 2–4 kg ağırlığa sahiptir. Dış kabuk, genellikle yeşilimsi sarıdan kahverengimsi sarıya kadar değişen tonlarda ve keskin dikenlerle kaplıdır (Nakasone ve Paull, 1998; Siddiq and Nasir, 2012). İç kısımdaki yenilebilir et (aril), beş gözlü bir yapıda toplanmış olup, genellikle krem, sarı, turuncu veya nadiren kırmızımsı renktedir (Şekil 4). Etli kısmın kıvamı çeşide ve olgunluğa bağlı olarak kremsi ya da hafif lifli olabilir. Her gözde birkaç iri tohum bulunur; tohumlar genellikle 2–6 cm uzunluğunda olup kahverengi ya da kırmızımsı kahverengi renktedir (Ketsa, 2020).



Şekil 4. Durian meyvesinin yenilebilir kısmını teşekkül eden ariller
(Photoongraphy, 2023).

Morfolojik çeşitlilik ve genetik temelleri

Durian meyvesinde şekil, renk, diken morfolojisi, et rengi ve aroma profili gibi özelliklerde büyük varyasyonlar gözlemlenmektedir. Bu morfolojik çeşitlilik, büyük ölçüde tohumla çoğaltma geçmişine ve farklı çevresel koşullarda gelişmiş yerel popülasyonlara dayanmaktadır (Brown, 1997). Son yıllarda yapılan morfometrik ve moleküler çalışmalar, bu varyasyonların genetik temelli olduğunu ve ıslah programlarında değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (Somsri, 2008).



Şekil 5. Durian çiçekleri (Charasri, 2023).

Çiçek yapısı ve dölleme biyolojisi

Çiçek yapısı

Durian çiçekleri tipik olarak gövdeden (kauliflori) ya da kalın ana dallardan çıkan sarkık salkımlar hâlinde gelişir. Bir çiçek salkımında 1–45 arasında çiçek bulunabilir (Şekil 5). Çiçekler genellikle beyaz veya krem renkte olup güçlü bir koku yayar. Durian çiçekleri hermafrodit olup hem erkek (anter) hem de dişi (ovaryum) organlar aynı çiçekte bulunur. Ancak erkek organlar, dişi organlardan yaklaşık 2–4 saat önce olgunlaşarak polen salgılar. Bu durum protandri adı verilen bir zamanlama farklılığı yaratır ve aynı çiçekte kendiliğinden döllemeyi engeller (Lim ve Luders, 2009). Böylelikle doğal olarak yabancı dölleme teşvik edilir. Çiçek açımı genellikle akşam saatlerinde başlar ve çiçekler gece boyunca açık kalır (Nanthachai, 1994). Bu süreçte çiçeklerden güçlü ve karakteristik bir koku yayılır; bu koku gece hareket halinde tozlayıcıları çekmek gelişmiştir (Brown, 1997).

Dölleme biyolojisi

Durian meyve verimi, büyük ölçüde başarılı tozlanmaya bağlıdır. Türün çiçek yapısı, açılma zamanı ve kendine kısırlık özelliği nedeniyle tozlanma

biyolojisi üretim açısından kritik bir öneme sahiptir. Özellikle monokültür bahçelerde tozlayıcı çeşit eksikliği ve yetersiz polinatör aktivitesi, düşük meyve tutumu ve ekonomik kayıplara yol açabilir (Duong ve vd., 2025).

Tozlaşma

Tozlaşma genellikle gece saatlerinde gerçekleşir; bu durum, çiçeklerin gece açması ve polen salınımının akşam saatlerinde yoğunlaşması ile ilişkilidir (Soepadmo ve Eow, 1977). Durian çiçeklerinin tozlanmasında başlıca rolü yarasalar (*Eonycteris spelaea*, *Macroglossus sobrinus*) üstlenir (Şekil 6). Bu yarasalar çiçekleri ziyaret ederek hem nektar tüketir hem de poleni taşırlar. Bunun dışında arılar, sinekler, güveler ve bazı karınca türleri de ikincil tozlayıcılar arasında yer alır (Bağı ve vd., 2022). Gece aktif olan polinatörlerin aktivitesinin; aydınlatma, pestisit kullanımı ve habitat kaybı gibi etkenlerden olumsuz etkilenebileceği bildirilmiştir. Bazı çalışmalarda yapay tozlama uygulamalarıyla meyve tutumunun artırıldığı gösterilmiştir. Özellikle ticari plantasyonlarda gece tozlanma düzeyi düşük olduğunda sabah erken saatlerde elle tozlama, meyve verimini artırmak için etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Soepadmo ve Eow, 1977).



Şekil 6. Meyve yarasalarının durian çiçeklerini gece tozlaması (Tuttle, 2015).

Kendine kısırlık ve çeşit seçimi

Durian çeşitlerinin büyük kısmı kendine kısır (self-incompatible) yapıdadır. Bu özellik nedeniyle aynı çeşidin kendi poleniyle döllenme başarısı düşüktür ya da hiç gerçekleşmez. Bu nedenle bahçelerde en az iki veya daha fazla genetik olarak farklı tozlayıcı çeşit bulundurulması önerilmektedir (Lim and Luders, 2009). Örneğin ‘Monthong’ çeşidi, yüksek kaliteli meyvesiyle tanınsa da kendine kısır olduğu için mutlaka ‘Chanee’ veya ‘Kradum’ gibi tozlayıcı çeşitlerle birlikte dikilmelidir. Çeşit kombinasyonlarının planlanması, yalnızca meyve tutumunu artırmakla kalmaz; aynı zamanda hasat dönemlerini dengeleyerek pazara ürün arzını da yayar. (Tran ve vd., 2024).

Çeşitler

Durian Güneydoğu Asya ülkelerinde önemli bir genetik çeşitliliğe sahiptir. Bu çeşitlilik, doğal seleksiyon, çiftçi seçimleri ve devlet destekli ıslah programları yoluyla şekillenmiş; farklı morfolojik, duysal ve gelişimsel özelliklere sahip yüzlerce çeşidin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Voon ve vd., 2007; Lim ve Luders, 2009).

Tayland çeşitleri

Tayland’da 200’ün üzerinde durian çeşidi tanımlanmış olmasına karşın, bunlardan yalnızca 60–80 kadarı ticari üretimde kullanılmaktadır. Bu çeşitler, olgunlaşma süresine göre erken (103–105 gün), orta (127–130 gün) ve geç (140–150 gün) gruplarına ayrılır. Ayrıca yaprak, meyve ve diken morfolojilerine göre de sınıflandırma yapılmaktadır. Tayland’ın en çok tercih edilen iki çeşidi ‘Monthong’ ve ‘Chanee’dir. ‘Monthong’, iri meyvesi, kalın eti ve hafif aromasıyla özellikle ihracata yöneliktir ve ülke genelindeki durian plantasyonlarının en yüksek oranını oluşturmaktadır. ‘Chanee’ ise daha güçlü aroması, daha erken olgunlaşma süresi ve iç pazarda popülerliği ile öne çıkmakta ve ekim alanlarında ikinci sırada yer almaktadır (Lim ve Luders, 2009).

Malezya çeşitleri

Malezya’da da çeşit geliştirme faaliyetleri yaygındır. Tarım Bakanlığı tarafından tescillenmiş 200’ü aşkın durian klonu bulunmakla birlikte, üretimin yaklaşık %80’i hâlâ tanımlanmamış yerel çeşitlerden oluşmaktadır (Voon ve vd., 2007). En yaygın ticari klon ‘D24’ olup, homojen kalite ve pürüzsüz

dokusuyla dikkat çeker. Diğer önemli klonlar arasında ‘D2’, ‘D10’, ‘D99’, ‘D145’ ve MARDI tarafından geliştirilen ‘MDUR 78’, ‘MDUR 79’ ve ‘MDUR 88’ yer almaktadır (Lim ve Luders, 2009).

Endonezya çeşitleri

Endonezya, durian genetik kaynaklarının en zengin olduğu ülkelerden biridir. Ülkede 15 ulusal düzeyde tanınmış ticari çeşit mevcuttur. Bunlar arasında ‘Otong’, ‘Si Dodol’, ‘Si Mas’, ‘Si Hijau’, ‘Petruk’, ‘Kani’, ‘Sitokong’ ve ‘Sunan’ gibi çeşitler yer almaktadır. Bu çeşitlerin çoğu aroma, doku, aril kalınlığı ve hasat zamanı gibi özellikleri bakımından farklılık göstermektedir (Lim ve Luders, 2009).

Vietnam çeşitleri

Vietnam'da özellikle Mekong Deltası bölgesinde birçok yerel durian çeşidi yaygın olarak yetiştirilmektedir. En önemli çeşitler arasında ‘Ri 6’, ‘Sua Hat Lep’ (SHL), ‘Kho Qua Xanh’ (KQX) ve ‘Chuong Bo’ yer alır. Bu çeşitler hem iç pazarda hem de Çin’e yönelik ihracatta tercih edilmektedir (Tran ve vd, 2024).

Diğer ASEAN ülkeleri

Filipinler’de ‘DES 806’, ‘DES 916’, ‘Umali’ ve ‘CA 3266’ gibi çeşitler tescillenmiş durumdadır. Singapur’da ise daha çok yerel üreticilerin seçimiyle geliştirilen ‘H.C. Tan No.2’, ‘H.C. Lim’ ve ‘Lim Keng Meng’ gibi çeşitler öne çıkmaktadır. Bu çeşitlerin büyük bölümü küçük ölçekli üretim için kullanılmakta, bölgesel pazarlarda değerlendirilmekte ve bazıları uluslararası ihracata konu olmaktadır (Tran ve vd., 2024).

Islah ve gelecek perspektifi

Durian ıslahında temel hedefler; yüksek verim, kaliteli et dokusu, düşük kokulu çeşitlerin geliştirilmesi, hastalıklara dayanıklılık ve iklim değişikliğine adaptasyondur. Artan tüketici talepleri, çevresel baskılar ve genetik kaynakların korunma gerekliliği, ıslah çalışmalarının önemini artırmaktadır (Tran ve vd., 2024).

Toprak ve iklim istekleri

Durian tropikal kökenli bir meyve türü olup, başarılı yetiştiriciliği için belirli ekolojik koşulların sağlanması gereklidir. Optimum gelişme, meyve

kalitesi ve yüksek verim açısından toprak ve iklim faktörleri büyük önem taşır. Durian'ın ekolojik istekleri, yetiştirileceği bölge seçiminde belirleyici rol oynamaktadır (Brown, 1997; Lim ve Luders, 2009).

İklim koşulları

Durian tropikal iklim koşullarına yüksek düzeyde uyum sağlamış, sıcaklık ve nem dengesine duyarlı bir meyve türüdür. Optimal gelişim koşulları, yıllık ortalama sıcaklığın 24–32 °C aralığında seyrettiği bölgelerde sağlanmaktadır. Özellikle gece ve gündüz sıcaklık farklarının düşük olduğu mikroklimalar, bitkinin hem vejetatif hem de generatif gelişimi açısından avantajlıdır. Bununla birlikte, 15 °C'nin altına düşen sıcaklıklar çiçeklenme ve meyve gelişimini olumsuz etkileyerek verim kaybına yol açabilmektedir (Lim and Luders, 1998; Tran ve vd., 2024).

Yıllık 1500–3000 mm arasında değişen yağış rejimi, durian yetiştiriciliği için uygun kabul edilmekle birlikte, sürekli ve yüksek düzeyde yağış çiçeklenme sürecini baskılayabilmektedir. Bu nedenle, üretimin başarılı şekilde sürdürülebilmesi için 1–2 ay süren belirgin bir kurak sezonun varlığı çoğu zaman gereklidir (Van ve ark.i 2023). Kuraklık, çiçeklenmeyi uyarıcı bir çevresel sinyal görevi görerek meyve tutumunun düzenli olmasına katkı sağlar. Kurak dönemin yaşanmadığı veya yeterince belirgin olmadığı koşullarda ise düzensiz çiçeklenme ve düşük meyve tutumu gibi sorunlar yaygın olarak görülmektedir (Tran ve vd., 2024).

Durian ağaçları aynı zamanda rüzgâr stresine karşı oldukça hassastır. Özellikle meyve yükünün yoğun olduğu dönemlerde şiddetli rüzgârlar, dallarda kırılmalara, yapısal zararlara ve önemli ölçüde verim kayıplarına neden olabilmektedir. Bu nedenle, durian bahçelerinde rüzgâr kıran bitkilerle çevreleme, destek sistemlerinin kurulması veya arazi eğimi dikkate alınarak yerleşim planlaması yapılması gibi önlemler önerilmektedir (Lim ve Luders, 2009).

Toprak özellikleri

Durian, derin, iyi drene olabilen, organik maddece zengin ve hafif asidik (pH 5.0–6.5) toprakları tercih eder. Yüksek taban suyu veya ağır killi topraklar, kök çürüklüğü ve mantar hastalıklarının yayılmasına neden olabilir. Bu nedenle toprak profilinde iyi drenaj sağlanması kritik öneme sahiptir. Toprak derinliğinin en az 1,5 metre olması ve alt katmanlarda geçirimsiz tabaka

bulunmaması tavsiye edilir (Darul'aludin ve vd., 2024). Zayıf topraklarda, dikim öncesi kompost, organik materyal ve kireç uygulamaları ile toprak yapısı iyileştirilmelidir. Aşırı asidik topraklarda pH düzeyini dengelemek amacıyla tarımsal kireç (CaCO_3) kullanımı önerilmektedir (Tran ve vd., 2024).

Rakım

Durian, deniz seviyesinden 800 metre yüksekliğe kadar olan alanlarda başarıyla yetiştirilebilir. Ancak ticari amaçla yüksek verim alınabilmesi için en uygun rakım 0–600 m arasındadır. Yüksek rakım bölgelerde sıcaklık düşüşü, çiçeklenmeyi geciktirebilir ve meyve gelişimini sınırlayabilir (Brown, 1997; Van ve vd., 2023).

Bahçe tesisi ve yetiştirme teknikleri

Durian ağaçları geniş taç yapısına sahip olduğundan, dikim aralığı genellikle 10×10 m veya 12×12 m olarak uygulanır. Bu düzen, hektar başına yaklaşık 70–100 ağaç dikilmesine olanak tanır. Yüksek yoğunluklu sistemlerde (örneğin 8×8 m), budama ve form düzenlemesiyle ağaç büyümesi sınırlandırılabilir, ancak hava sirkülasyonu ve ışık geçirgenliği risk altına girebilir (Ketsa, 2020). Bahçe yerleşimi yapılırken eğim, rüzgâr yönü, su kaynaklarına mesafe ve toprak drenaj durumu göz önünde bulundurulmalıdır (Şekil 7). Özellikle rüzgâra açık alanlarda ağaçların desteklenmesi ve sınır bölgelere rüzgâr kıran ağaçlar dikilmesi önerilir (Tran ve vd., 2024).



Şekil 7. Tayland'da 5 yaşında bir durian bahçesi (Max5155, 2024).

Sulama

Durian, yıl boyunca düzenli suya ihtiyaç duyan bir türdür. Özellikle çiçeklenme ve meyve tutum döneminde su stresi, verim ve meyve kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratır. Kurak sezonda haftada 1–2 defa, ağaç başına 80–100 litre su verilmesi önerilmektedir. Aşırı sulama ise kök çürüklüğü riskini artırabileceğinden toprak drenajı mutlaka sağlanmalıdır (Subhadrabandhu ve Ketsa, 2001). Modern yetiştiricilikte damla sulama sistemleriyle verimli ve kontrollü sulama yapılabilir. Sulama ile birlikte gübre uygulamalarını entegre eden fertigrasyon sistemleri de yaygınlaşmaktadır (Tran ve vd., 2024).

Gübreleme

Durian ağaçlarının besin ihtiyacı büyüme dönemi, toprak yapısı ve yaşına göre değişir. Fidan döneminde azot ağırlıklı gübreleme ile vejetatif gelişim desteklenirken, meyveye yatma evresinde potasyum ve fosfor oranı artırılır. Örnek bir uygulama olarak 1 yaşındaki fidanlara yılda 4 kez, ağaç başına 100–150 g NPK (15-15-15) gübresi önerilebilir. Meyve yükü taşıyan ağaçlarda, çiçeklenmeden önce ve meyve büyüme döneminde potasyum ağırlıklı gübreler uygulanmalıdır (örneğin 12-12-17 + MgO). Organik madde açısından zengin topraklarda kompost ve ahır gübresi ile besin dengesine katkı sağlanabilir (Ketsa, 2020).

Budama

Durian ağaçlarında şekil budaması, ilk 2–3 yıl içinde uygulanmalı; tek ana gövde ve dengeli yan dallar oluşturulmalıdır. Meyve üretimi başladıktan sonra, iç kısımdaki gölge yapan dallar ve hastalıklı sürgünler periyodik olarak uzaklaştırılmalıdır. Budama sayesinde ışık penetrasyonu ve hava dolaşımı artırılarak hastalık riski azaltılır (Tran ve vd., 2024).

Yabancı ot ve malçlama yönetimi

Genç fidanlar etrafında yabancı ot temizliği düzenli olarak yapılmalıdır. Ayrıca ağaç diplerinin organik malç (saman, hindistancevizi lifi, kompost vb.) ile örtülmesi, hem toprak nemini korur hem de besin elementi geri dönüşümünü artırır. Özellikle kurak mevsimlerde malçlama, genç bitkilerde hayatta kalma oranını yükseltir (Lim ve Luders, 2009).

Meyve gelişimi ve fizyolojik bozukluklar

Durian meyve üretiminde verimi ve kaliteyi doğrudan etkileyen önemli sınırlayıcı etmenlerden biri fizyolojik bozukluklardır. Bu bozukluklar, herhangi bir patojen etkisi olmaksızın çevresel faktörler, besin dengesizlikleri veya genetik yatkınlıklar nedeniyle ortaya çıkmakta ve çoğu zaman ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Van ve vd., 2023).

Meyve Çatlaması

Meyve çatlaması, özellikle hasada yakın dönemlerde sıkça karşılaşılan bir sorundur. Genellikle ani ve düzensiz su alımı, düzensiz yağışlar veya aşırı sulama sonrası toprak neminde yaşanan ani artışlara bağlı olarak meydana gelir. Bu durum, meyve kabuğunun iç basınca dayanamayarak yarılmasına neden olur). Çatlamış meyveler kısa sürede bozular ve pazar değerini kaybeder. Önlem olarak düzenli sulama, malçlama uygulamaları ve özellikle meyve gelişim döneminde toprağın nem dengesinin korunması önerilir (Subhadrabandhu & Ketsa, 2001).

Boş bölmeli meyveler

Durian meyvelerinde bazen gözlerden biri ya da birkaçı gelişmeden boş kalabilir. Bu durumun temel nedeni, yetersiz döllenme veya olumsuz çevre koşullarıdır. Özellikle düşük sıcaklık, yetersiz tozlayıcı aktivitesi veya dengesiz besin elementi dağılımı bu bozukluğu tetikleyebilir. Tozlayıcı çeşitlerin doğru seçilmesi, polinatör varlığının korunması ve dengeli gübreleme programları bu sorunun azaltılmasına katkı sağlar (Soepadmo ve Eow, 1977).

Erken olgunlaşma

Bazı meyveler hasat edilmeden önce daldan düşer veya yumuşamaya başlar. Bu fizyolojik durum; aşırı etilen üretimi, kuraklık stresi veya hastalık baskısı gibi etmenlerden kaynaklanabilir. Ticari olarak olgunluğa ulaşmadan düşen meyveler ekonomik kayba neden olur. Hasat zamanının doğru belirlenmesi, sulama ve budama dengesinin sağlanması, ağaç sağlığının korunması bu sorunu azaltabilir (Wiangsamut ve vd., 2021).

Geç olgunlaşma

Bazı çeşitlerde, özellikle ağaçtan koparıldıktan sonra meyvenin olgunlaşması gecikebilir veya tam gelişmemiş aromatik özellikler gözlemlenebilir.

Bu durum çoğu zaman erken hasat, düşük sıcaklıkta depolama veya genetik çeşit farklılıklarına bağlı olarak gelişir. Olgunluk belirteçlerinin doğru izlenmesi ve uygun hasat sonrası uygulamaların yapılması bu bozukluğun önlenmesinde etkili olabilir (Ketsa ve vd., 2020).

Tohum gelişim bozuklukları

Bazı meyvelerde tohumların tam gelişmediği veya çürüdüğü gözlemlenebilir. Bu durum, yetersiz döllenme, aşırı nem, bazı mikro besin eksiklikleri (özellikle bor) ve tozlayıcı eksikliğiyle ilişkilidir. Tozlanma koşullarının iyileştirilmesi ve mikro element desteği, tohum gelişimini olumlu yönde etkileyebilmektedir (Duong ve vd., 2025).

Hasat ve hasat sonrası işlemler

Durian üretiminde hasat ve hasat sonrası işlemler, meyve kalitesinin korunması ve ticari değerinin artırılması açısından kritik bir aşamadır. Meyvenin doğru zamanda toplanması, uygun şekilde taşınması ve işlenmesi; raf ömrü, tüketici memnuniyeti ve pazardaki başarısı üzerinde belirleyici rol oynar (Salakpetch, 2005).

Hasat zamanının belirlenmesi

Durian meyvelerinin hasat olgunluğu, hem dışsal (gözle görülebilir) hem de içsel (kimyasal/fizyolojik) belirteçler dikkate alınarak değerlendirilir. Hasat olgunluğu genellikle tam fizyolojik olgunluk ile eşleşir ancak ülkeler arasında farklı hasat uygulamaları bulunmaktadır (Lim ve Luders, 2009).

Tayland Modeli. İhracat için yetiştirilen meyveler, ağaç üzerinde tam olgunluğa ulaşmadan 105–110 günlük gelişim süresi sonunda elle hasat edilir. Bu meyveler etefon ile yapay olarak olgunlaştırılarak pazara sunulur (Tran ve vd., 2024).

Malezya Modeli. Malezya’da durian meyvesi, ağaçtan doğal olarak düşmesi beklendikten sonra toplanır. Bu yöntem, tat, aroma ve yumuşaklık bakımından daha üstün meyve kalitesi sağlar. Ancak taşımaya uygunluk ve raf ömrü düşer (Tran ve vd., 2024).

Hasat kriterleri

Meyvelerin hasat zamanının tespitinde meyve sapında sararma ve çatlama, meyve üzerindeki diken uçlarında kahverengileşme, meyveye vurulduğunda tok ve derin ses çıkması, gelişim süresi (genellikle 105–135 gün arası) sıklıkla kullanılmaktadır. Bu kriterler, çeşide ve bölgeye göre değişiklik gösterebilir (Subhadrabandhu ve Ketsa, 2001).

Hasat yöntemleri

Elle hasat uygulamasında, uzun saplı bıçaklar veya sırık sistemleriyle meyve dikkatlice daldan kesilerek yere düşmeden toplanır. Ağaçtan düşen meyvelerin toprakla temas etmesi, mikrobiyal bulaşma riskini artırır. Bu nedenle hasat sırasında meyvelerin altına koruyucu file veya ağlar serilmesi önerilir (Tran ve vd., 2024).

Sınıflandırma ve kalite standartları

Hasat sonrası meyveler; boyut, ağırlık, diken yoğunluğu, dış kabuk rengi ve sap uzunluğuna göre sınıflandırılır. Bazı ülkelerde meyve etinin kuru madde oranı (%30–35) ve şeker içeriği de kalite değerlendirmesinde kullanılmaktadır. Uluslararası pazarda kabul görebilmek için meyvelerin homojen olgunlukta, sağlam, kokusuz, yaralanmamış ve zararlı ve hatalıklardan arı olması gerekmektedir (Ketsa ve vd., 2020).

Depolama ve raf ömrü

Taze durian meyvesi oldukça kısa raf ömrüne sahiptir. Oda sıcaklığında 2–5 gün içinde tüketilmesi gerekir. Soğuk zincirde (10–15 °C, %85–90 bağıl nemde) bu süre 7–10 güne kadar uzatılabilir. Ancak düşük sıcaklıklar aroma bileşiklerinin gelişimini baskılayabilir. İhracata yönelik meyvelerde genellikle modifiye atmosfer veya vakum paketleme yöntemleri kullanılmaktadır. Ayrıca meyve eti, dondurma veya püre hâline getirilerek işlenmiş ürün formunda da pazarlanabilmektedir (Razali ve vd., 2020; Tran ve vd., 2024).

Meyvenin değerlendirme şekilleri

Durian hem taze hem de işlenmiş formlarda yaygın şekilde tüketilen bir meyvedir. Meyvenin ayırt edici özellikleri arasında büyük boyutu, dikenli kabuğu ve keskin kokusu yer almaktadır. Ortalama olarak 1 ila 4 kg ağırlığında,

30 cm uzunluğa ve 15 cm çapa ulaşabilen meyveler, sert ve dikenli dış yapılarıyla dikkat çekmektedir (Ketsa ve vd., 2020).

Koku ve duyuusal özellikler

Durian'ın en belirgin özelliği, içerdiği uçucu kükürt bileşikleri nedeniyle ortaya çıkan güçlü ve karakteristik kokusudur. Bu koku, bazı bölgelerde toplu taşıma araçları, oteller ve kamu binalarında meyvenin tüketimini yasaklayacak kadar belirgin ve kalıcıdır (Brown, 1997; Lim ve vd., 2025). Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) analizleri, durian aromasının 50'den fazla uçucu bileşikten oluştuğunu ve bu bileşiklerin konsantrasyonlarının çeşide, olgunluk derecesine ve çevresel koşullara bağlı olarak değiştiğini göstermiştir (Chin ve vd., 2007). Özellikle etil-2-metilbutanoat, 1-(etilsülfanil)etan ve metiyonin gibi kükürtlü bileşikler, aroma profilinin temel belirleyicileridir (Sospeter ve vd., 2025).

Geleneksel ve modern tüketim biçimleri

Durian meyvesi geleneksel olarak taze halde tüketilmektedir. Güneydoğu Asya ülkelerinde sokak pazarlarında kabuklu olarak satılan meyve, tüketici tarafından doğrudan açılarak yenmektedir. Bunun yanı sıra, meyve eti çok çeşitli geleneksel tariflerde de kullanılmaktadır. Malezya ve Endonezya mutfağında 'pulut durian' veya 'ketan durian' adı verilen yemekler, durian etiyle harmanlanmış yapışkan pirinç ve hindistan cevizi sütüyle hazırlanmaktadır. Tayland'da ise durian genellikle taze yapışkan pirinçle birlikte servis edilirken, durian ezmesi de yaygın olarak pazarlarda satılmaktadır (Va Hau ve vd., 2023).

Modern gıda endüstrisinde durian; dondurma, bisküvi, şekerleme, kek ve çikolata gibi birçok üründe aroma verici olarak kullanılmaktadır. Ayrıca dondurulmuş, kurutulmuş veya püre hâline getirilmiş formlarda pazara sunularak ihracat kapasitesi artırılmaktadır (Tran ve vd., 2024).

Durian yalnızca taze meyve olarak değil, aynı zamanda çok çeşitli işlenmiş ürün formunda da değerlendirilebilen yüksek katma değerli bir meyvedir. Özellikle aroma bileşiklerinin güçlü ve ayırt edici olması, bu meyveyi hem yerel hem de uluslararası gıda endüstrisi için cazip hâle getirmiştir (Noodaeng, 2017).

Taze meyve dışı kullanım alanları

Durian meyvesi etli kısmının yanı sıra çekirdeği, kabuğu ve hatta çiçekleriyle de işlenebilmektedir.

Etli kısım. Taze tüketimin dışında dondurulmuş, kurutulmuş, şoklanmış, püre hâline getirilmiş veya fermente ürünlere dönüştürülmüş formlarda işlenebilir (Tran ve vd., 2024).

Çekirdek. Yüksek nişasta içeriği nedeniyle haşlanarak veya kavrularak tüketilebilmekte; un veya nişasta kaynağı olarak değerlendirilmekte hatta dondurma yapımında nişasta yerine kullanılmaktadır (Sawasdikarn v vd., 2017).

Kabuk. Lifli yapısı nedeniyle kompost, hayvan yemi ve ambalaj materyali olarak kullanım potansiyeline sahiptir (Tran ve vd., 2024).

Başlıca katma değerli ürünler

Dondurulmuş durian. Taze meyvenin dayanıklılığını artırmak amacıyla -18 °C'de dondurularak ihracata uygun hâle getirilir. Özellikle Çin, Japonya ve Güney Kore gibi pazarlarda rağbet görmektedir (Tran ve vd., 2024).

Durian ezmesi. Püre hâline getirilmiş durian, kek, bisküvi, dondurma, turta ve içecek üretiminde aroma verici olarak kullanılmaktadır. Endüstriyel ölçekte paketlenip satışa sunulmaktadır (Tran ve vd., 2024).

Kurutulmuş durian. Dondurarak kurutma (freeze-drying) veya kızgın hava ile kurutma yöntemleriyle üretilen bu ürün, hem atıştırmalık olarak hem de tatlı endüstrisinde kullanılmaktadır. Raf ömrü uzundur ve taşınması kolaydır (Tran ve vd., 2024; Şekil 8).



Şekil 8. Kurtulup paketlenmiş durian meyve parçaları (Isarechheevin, 2020).

Durian aromalı ürünler. Çikolata, şekerleme, süt ürünleri, dondurma, likör ve hatta kahve gibi çok çeşitli ürünlerde durian aroması kullanılmaktadır. Bu ürünler özellikle Güneydoğu Asya ülkelerinde popülerdir (Tran ve vd., 2024).

Fermente ürünler. Endonezya ve Malezya’da geleneksel olarak üretilen ‘tempoyak’, fermente durian ezmesidir. Baharatlı yemeklerde aroma verici olarak kullanılır. Ayrıca durian sirkesi, durian şarabı ve likörü gibi alkollü içecekler de üretilmektedir (Tran ve vd., 2024).

Endüstriyel katkılar ve gelişim potansiyeli

Durian kabuğu lifleri, biyobozunur ambalaj üretiminde ve çevre dostu kompozit malzeme üretiminde değerlendirilmektedir. Tarımsal atığın bu şekilde dönüştürülmesi, sürdürülebilir üretim açısından önemli bir gelişmedir (Dembitsky ve vd., 2011). Durian endüstrisinde katma değerli ürün çeşitliliği hızla artmakta ve geleneksel tüketim sınırlarının ötesine geçmektedir. Bu gelişme, durianın yalnızca taze meyve olarak değil, çok yönlü bir endüstriyel ham madde olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır (Tran ve vd., 2024).

Meyvenin besinsel değeri ve biyoaktif özellikleri

Durian meyvesi, zengin besin içeriği ve sağlık üzerinde olumlu etkileri ile fonksiyonel gıda potansiyeline sahip tropikal meyvelerden biridir. Hem

makro hem de mikro besin öğeleri açısından zengin olan durian, aynı zamanda çeşitli biyoaktif bileşikler içererek sağlık açısından önemli faydalar sunmaktadır (Ho ve Bhat, 2015).

Makro ve mikro besin içeriği

Durian meyvesi, yüksek enerji içeriğine sahiptir. Enerjisinin büyük bir bölümü karbonhidratlardan kaynaklanırken; aynı zamanda protein ve yağ bakımından da diğer tropikal meyvelere göre daha zengindir. Meyve, potasyum (K), fosfor (P), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), sodyum (Na), demir (Fe), manganez (Mn), bakır (Cu) ve çinko (Zn) gibi mineraller bakımından da dikkat çekicidir (Netmeds Editorial Team, 2015). Ayrıca lif içeriği sayesinde sindirim sistemine katkıda bulunur ve kardiyovasküler sağlığı destekleyici etki gösterir. Durian, özellikle C vitamini bakımından iyi bir kaynaktır. 100 gram durian meyvesi, günlük önerilen C vitamini alımının yaklaşık %30'unu karşılayabilir. Bunun yanı sıra B-kompleks vitaminleri açısından da zengindir; niasin, riboflavin, tiamin, piridoksin ve pantotenik asit gibi vitaminleri içerir (Khaksar ve vd., 2024).

Yağ asitleri ve antioksidan potansiyel

Durian, insan sağlığına yararlı yağ asitleri içeriğiyle de ön plana çıkar. Özellikle omega-3 ve omega-6 yağ asitleri bakımından zengin olması, meyveyi besinsel olarak ta değerli kılmasının yansın antioksidant özelliğinin yüksek olmasına neden olmaktadır (Leontowicz ve vd., 2011).

Meyve ayrıca, polifenoller, flavonoidler, tanenler, antosiyaninler, askorbik asit ve karotenoidler gibi geniş bir biyoaktif bileşik yelpazesine sahiptir. Bu bileşikler, serbest radikallerin nötralize edilmesinde ve hücrel hasarın önlenmesinde etkin rol oynamaktadır (Dembitsky ve vd., 2011).

Olgunlukla birlikte değişen biyoaktif kompozisyon

Durian meyvesinin besin ve biyoaktif bileşik içeriği, olgunluk derecesine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Leontowicz ve vd. (2008), tam olgunlaşmış meyvelerde polifenol ve flavonoid seviyelerinin yarı olgun ve olgunlaşmamış meyvelere göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Özellikle 'Monthong' çeşidinin bu bileşikler açısından daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Sağlık üzerine etkileri

Yapılan çeşitli in vitro ve in vivo çalışmalar, meyvenin antioksidan, antienflamatuvar ve antimikrobiyal etkileri nedeniyle fonksiyonel gıda formülasyonlarında kullanılabileceğini göstermiştir. Biyoaktif bileşikler yönünden zengin olması, meyvesi sağlık destekleyici ürünler için potansiyel bir kaynak hâline getirmiştir (Ho ve Bhat, 2015). Durian çekirdeğinden elde edilen polisakkaritlerin, sindirim sistemi sağlığı ve bağışıklık modülasyonu üzerinde olumlu etkileri olduğu rapor edilmiştir (Yustisia ve vd., 2024).

Hastalık ve zararlılar

Durian yetiştiriciliğinde sağlıklı ve verimli ağaçlar elde edebilmek için hastalık ve zararlı yönetimi büyük önem taşır. Tropik iklim koşulları, durian plantasyonlarında hem fungal hem de entomolojik etkenlerin hızla yayılmasına uygun bir ortam oluşturur. Özellikle yüksek nem ve sıcaklık, birçok patojenin gelişmesini kolaylaştırmaktadır (Subhadrabandhu ve Ketsa, 2001).

Önemli Hastalıklar

Kök ve gövde çürüklüğü (*Phytophthora spp.*). Durian'da en fazla görülen ve en fazla ekonomik kayba neden olan hastalık *Phytophthora palmivora* tarafından oluşturulan kök ve gövde çürüklüğüdür. Belirtiler arasında yapraklarda solma, gövde kabuğunda çatlaklar, reçine sızıntısı ve ileri aşamalarda ağaç ölümü yer alır. Mücadelesi için iyi drenaj koşulları sağlanmalı, ağaç dipleri açık bırakılmalı, fungusit uygulamaları (örneğin metalaksil içeren sistemik fungusitler) düzenli yapılmalı ve enfekte bölgeler budanmalı ve yok edilmedir (Lim ve Luders, 2009).

Antraknoz (*Colletotrichum gloeosporioides*). Bu fungus hem yapraklarda hem de meyve yüzeyinde kahverengi lekelerle karakterize edilen lezyonlara neden olur. Genellikle nemli hava koşullarında hızla yayılır. Mücadelesi için budama ile hava dolaşımı artırılmalı, hastalıklı yaprak ve meyveler uzaklaştırılmalı, bakır içerikli veya sistemik fungusitler uygulanmalıdır (Subhadrabandhu ve Ketsa, 2001).

Fusarium spp. Toprak kökenli bu patojen, özellikle genç fidanlarda solgunluk ve ani ölümlere neden olmaktadır. Mücadelesi için sağlıklı fidan

kullanmalı, toprak solarizasyonu yapılmalı, organik gübreleme yapılmalı ve biyolojik kontrol etmenleri kullanılmalıdır (Tran ve vd., 2024).

Önemli zararlılar

Meyve delici güve (*Conogethes punctiferalis*). Larvalar meyve kabuğunu delerek içeri girer, etli kısımda tahribata neden olur ve çürümeye yol açar. Hasat sonrası ekonomik değeri ciddi oranda düşürür. Mücadelesi için feromon tuzakları kullanılmalı, zamanlı insektisit uygulamaları yapılmalı, hasat öncesi meyve temizliğine özen gösterilmelidir (Tran ve vd., 2024).

Yaprak tırtılları (*Spodoptera spp.*, *Daphnis spp.*). Yapraklarda ciddi beslenme zarar oluşturur, özellikle genç fidanların gelişimini yavaşlatırlar. Mücadelesi için mümkünse mekanik toplama yapılmalı, biyolojik mücadele seçilmeli (örneğin *Bacillus thuringiensis*) ve kontrollü kimyasal uygulamalar yapılmalıdır (Tran ve vd., 2024).

Karınca ve emici böcekler. Durian ağaçlarında tatlı özsu ile beslenen kabuk altı böcekleri, meyve kabuğunda lekeler oluşturur. Ayrıca karıncalar, yaprak bitlerini koruyarak salgılarını kullanır, bu da dolaylı zararlara neden olabilmektedir. Mücadelesi için iyi bir bahçe temizliği yapılmalı, yüzeysel zararlılara karşı yağ bazlı doğal preparatlar kullanılmalı, zararlının yaşam döngüsüne göre müdahale edilmelidir (Tran ve vd., 2024).

Entegre zararlı yönetimi

Durian üretiminde kimyasal ilaç kullanımını en aza indirgeyerek sürdürülebilir verim sağlamak için entegre zararlı yönetimi yaklaşımları önerilmektedir. Bu kapsamda kültürel önlemler (toprak işleme, budama, drenaj), biyolojik mücadele (yararlı böcekler, mikrobiyal biyopestisitler), mekanik ve fiziksel yöntemler (tuzaklar, ağlar), akıllı kimyasal kullanımı (hedefe yönelik, zamanlı ve direnç geliştirici olmayan stratejiler) bir arada uygulanmalıdır (FAO, 2021).

Türkiye’de durian yetiştiriciliği potansiyeli

Durian meyvesi, Türkiye’de halk arasında neredeyse hiç tanınmayan, ancak küresel pazarlarda iyi bilinen tropikal bir türdür. Uzak Doğu kökenli olması, keskin aroması ve özgün duyuşsal özellikleri nedeniyle Türkiye’de henüz yaygınlaşamamıştır. Ancak iklim değişikliğiyle birlikte tropikal–

subtropikal ürünlere olan ilginin artması ve gastronomik merakın yaygınlaşması, durianın potansiyelini gündeme getirmektedir.

Bilinirlik ve tüketici algısı

Türkiye'de durian meyvesi hakkında kamuoyu farkındalığı son derece düşüktür. Sadece Uzak Doğu mutfağına ilgi duyan tüketiciler, gurme şefler ya da yurt dışı seyahati yapmış bireyler tarafından kısıtlı ölçüde bilinmektedir. Durian meyvesi zaman zaman ithal ürün reyonlarında dondurulmuş formda yer alsa da, yüksek fiyatı, güçlü kokusu ve tanıtım eksikliği tüketimi sınırlandırmaktadır. Ancak sosyal medya, yemek blogları ve YouTube gibi dijital platformlarda durianla ilgili içeriklerin artması, özellikle genç tüketici kitlesinde bir ‘egzotik meyve deneyimi’ talebi oluşturmaktadır.

Tüketim potansiyeli ve pazar imkânları

Türkiye'de tropikal meyve tüketimi (örneğin avokado, mango, ejder meyvesi) son 10 yılda istikrarlı biçimde artış göstermiştir. Bu trend hem ithalatçılar hem de yerli üreticiler için durian gibi alternatif ürünler açısından da bir potansiyel taşımaktadır. Özellikle gastronomi sektöründe çalışan profesyoneller, aroması güçlü ve alışılmışın dışında ürünlere yönelik ilgiyi artırmakta; ‘niş pazarlarda’ durian ürünlerine yer açmaktadır. Dondurulmuş durian, durian aromalı tatlılar veya hazır içecek karışımları gibi katma değerli ithal ürünlerin zincir marketlerde sınırlı da olsa yer alması, bu talebin işaretidir. Tadım ve tanıtım faaliyetleri (festival, fuar, sosyal medya kampanyaları), tüketici bilgilendirmesi (besin değeri, fonksiyonel faydalar), fiyat politikasının erişilebilirlik yönünde optimize edilmesi, işlenmiş ve raf ömrü uzun ürün formlarının pazara girişi gibi adımlar ile bu meyveye alan talep artırılabilir.

Yetiştiricilik olanakları ve uygun bölgeler

Durian, sürekli sıcaklık isteyen, düşük sıcaklıklara toleransı olmayan bir türdür. Bu nedenle Türkiye’nin genel iklim koşulları durian için sınırlayıcıdır. Ancak bazı mikroklimatik alanlar, kontrollü örtü altı sistemler ve iklim değişikliğinin etkisiyle oluşan yeni ekolojik koşullar, potansiyel üretim denemeleri için fırsatlar sunabilmektedir.

Uygun olabilecek bölgeler şunlardır:

Alanya, Gazipaşa. Türkiye'nin en sıcak ve nemli bölgeleri arasında yer alır. Subtropikal meyveler açısından öncü bölgedir.

Anamur, Bozyazı. Muz seracılığına ev sahipliği yapan bu bölgeler, yıl boyunca don riski taşımayan mikroklimaya sahiptir.

Samandağ. Yüksek sıcaklık, yüksek nem ve erken ilkbahar etkisi ile dikkat çeker.

Dalaman. Az sayıda egzotik meyve yetiştiriciliği örnekleri vardır; iklim olarak sınırda kabul edilse de örtü altı sistemle deneme yapılabilir.

Yetiştiricilik için gerekli şartlar

Yetiştiricilik için gerekli koşullar şöyle sıralanabilir: Tropik sera sistemleri (ısıtmalı, nem kontrollü), drenajı iyi, organik maddece zengin topraklar, aşıllı fidanlarla üretim, yatırım destek programları ve AR-GE teşviki. Bu şartlar altında durian, Türkiye'de doğrudan yaygınlaştırılacak bir meyve türü olmaktan ziyade, yüksek değerli bir ürün olarak sınırlı bölgelerde, özellikle örtü altı koşullarda yetiştirilip, işlenmiş formda pazarlanabilme şansı taşımaktadır.

Sonuç ve öneriler

Türkiye'de durian meyvesi henüz tanınmamakla birlikte, tropikal meyvelere artan tüketici ilgisi ve iklim değişikliğiyle oluşan yeni tarımsal olanaklar, bu meyvenin sınırlı da olsa denenmesine zemin hazırlamaktadır. Antalya, Mersin ve Hatay gibi mikroklimatik bölgelerde yapılacak kontrollü sera denemeleri, Türkiye'nin durian üretimi potansiyelini test etme açısından stratejik önemdedir.

Tarım ve Orman bakanlığına bağlı araştırma kuruluşları ve üniversiteler iş birliğinde adaptasyon denemeleri başlatılabilir. Tropik sera yatırımları, kırsal kalkınma projeleriyle teşvik edilebilir. İşlenmiş ürünlerin ithalatı ve üretimi için gıda AR-GE destekleri sağlanabilir. Durian, tarımsal turizm ve gastronomi projelerine entegre edilerek tanıtılabilir.

Sonuç olarak, durian Türkiye için yaygın bir meyve adayı değilse de; sınırlı, yüksek değerli üretim ve işlenmiş ürün segmenti için potansiyel barındıran, stratejik bir meyve türü olabilecek potansiyel taşımaktadır.

Kaynaklar

- Baqi, A., Lim, V. C., Yazid, H., Anwarali Khan, F. A., Lian, C. J., Nelson, B. R., Sathiya Seelan, J. S., Appalasamy, S., Mokhtar, S. I., & Kumaran, J. V. (2022). A review of durian plant-bat pollinator interactions. *Journal of Plant Interactions*, 17(1), 105–126. <https://doi.org/10.1080/17429145.2021.2015466>Discovery Researcher+8OUCI+8
- Bracciolini, P. (1857). The travels of Nicolo Conti in the East in the early part of the fifteenth century. In R. H. Major (Ed.), *India in the fifteenth century* (pp. 1–58). Hakluyt Society.
- Brown, M. J. (1997). *Durio: A bibliographic review*. International Plant Genetic Resources Institute.
- Chanachot, K., Saechua, W., Posom, J., & Sirisomboon, P. (2023). A geographical origin classification of durian (cv. Monthong) using near-infrared diffuse reflectance spectroscopy. *Foods*, 12(20), 3844. <https://doi.org/10.3390/foods12203844>
- Darul'aludin, N. S., Ariff, E. A. R. E., Hashim, N. H. N., Zohari, A. F., & Kusin, M. (2024). Estimation of biomass and carbon content in durian plantations, Malaysia: Estimation of biomass and carbon content. *Bioresources and Environment*, 2(3), 55–64.
- Dembitsky, V. M., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S., & Gorinstein, S. (2011). The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Research International*, 44(7), 1671–1701. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.003>
- Dembitsky, V. M., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S., & Gorinstein, S. (2011). The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Research International*, 44(7), 1671–1701. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.003>
- Hau, T. V., & Hieu, T. S. (2015, June). Off-season production of durian in the Mekong Delta, Viet Nam. In *International Symposium on Durian and Other Humid Tropical Fruits* (Acta Horticulturae No. 1186, pp. 85–98).

- International Society for Horticultural Science (ISHS).
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1186.13>
- Hawson, M. G. (1983). *Some interesting fruit crops: Durian, mangosteen, litchi, longan, rambutan, jackfruit, sapodilla, chiku* [Course paper]. Horticulture Training Course, Forrestfield, WA, Australia.
- Ho, L. H., & Bhat, R. (2015). Exploring the potential nutraceutical values of durian (*Durio zibethinus* Murr.)—An exotic tropical fruit. *Journal of Food Chemistry*, 168, 80–89.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.026>
- Kanzaki, S., Yonemori, K., Sugiura, A., & Andhu, S. S. (1998). Phylogenetic relationships of the common durian (*Durio zibethinus* Murray) to other edible fruited *Durio* spp. by RFLP analysis of an amplified region of cpDNA. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73(3), 317–321. <https://doi.org/10.1080/14620316.1998.11510980>
- Ketsa, S., Wisutiamonkul, A., Palapol, Y., & Paull, R. E. (2020). The durian: Botany, horticulture, and utilization. In J. Janick (Ed.), *Horticultural reviews* (Vol. 47, pp. 125–211). Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781119625407.ch4>
- Khaksar, G., Kasemcholathan, S., & Sirikantaramas, S. (2024). Durian (*Durio zibethinus* L.): Nutritional composition, pharmacological implications, value-added products, and omics-based investigations. *Horticulturae*, 10(4), 342. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10040342>
- Langford, K. (2014). Realising durian's potential in Indonesia. *Agroforestry World*. <https://worldagroforestry.org/blog/2014/03/05/realising-durians-potential-in-indonesia>
- Leontowicz, H., Leontowicz, M., Haruenkit, R., Poovarodom, S., Jastrzebski, Z., Drzewiecki, J., & Gorinstein, S. (2008). Durian (*Durio zibethinus* Murr.) cultivars as nutritional supplementation to rat's diets. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 581–589.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.08.042>
- Leontowicz, H., Leontowicz, M., Jesion, I., Bielecki, W., Poovarodom, S., Vearasilp, S., ... & Gorinstein, S. (2011). Positive effects of durian fruit at different stages of ripening on the hearts and livers of rats fed diets high in cholesterol. *European Journal of Integrative Medicine*, 3(3), e169–e181. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2011.08.005>

- Lim, S. C., Juhari, N. H., Ola, L., Pak Dek, M. S., & Nik Hadzir, N. H. (2025). Extraction and identification of durian's volatile: A review. *ACS Food Science & Technology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.4c00925>
- Lim, T. K., & Luders, L. (2009). *Boosting of durian productivity* (RIRDC Project No. DNT-13A, Publication No. 97/001W). Rural Industries Research and Development Corporation.
- Mabberley, D. J. (2017). *Mabberley's plant-book: A portable dictionary of plants, their classification and uses* (4th ed.). Cambridge University Press.
- Mordor Intelligence. (2023). *Durian market- Growth, trends, and forecast (2023–2028)*. <https://www.mordorintelligence.com>
- Morton, J. F. (1987). *Fruits of warm climates*. Florida Flair Books. (Republished in New Crop Resource Online Program, Center for New Crops and Plant Products, Department of Horticulture and Landscape Architecture, Purdue University).
- Nakasone, H. Y., & Paull, R. E. (1998). Durian. In H. Y. Nakasone & R. E. Paull (Eds.), *Tropical fruit* (p. 352). CABI.
- Nanthachai, S. (1994). Durian. In S. Nanthachai (Ed.), *Fruit development, postharvest physiology, handling and marketing in ASEAN* (p. 156). ASEAN Food Handling Bureau.
- Noodaeng, S. (2017). Export competitiveness of Thai durian in China market. *European Journal of Business and Management*, 9(36), 48–55.
- Nyffeler, R., & Baum, D. A. (2000). Phylogenetic relationships of the durian and other Bombacaceae inferred from ITS sequences of nuclear ribosomal DNA. *Systematic Botany*, 25(2), 312–321. <https://doi.org/10.1007/BF00985266>
- Razali, N. A., Rosly, N. K., Hamzah, F. A., Abdullah, S. A., & Hussin, W. M. R. I. W. (2020). Optimum storage temperature of mature drop durian (*Durio zibethinus* cv. Musang King). *International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation*, 10(9), 267–273.
- Salakpetch, S. (2005). Durian (*Durio zibethinus* L.) flowering, fruit set and pruning. *Hawaii Tropical Fruit Growers*, 17, 18–22.
- Sawasdikarn, J., Nilanon, W., & Suwannarat, Y. (2017). Characterization of gum from durian seed and application in ice cream. *[Dergi Adi], Cilt*,

- [Sayfa Aralığı]. [http://www.ijat-aatsea.com/pdf/v13_n7_3_%202017_December/48_IJAT_13\(7.3\)_2017_Jiraporn%20Sawasdikarn_Plant%20Sciences.pdf](http://www.ijat-aatsea.com/pdf/v13_n7_3_%202017_December/48_IJAT_13(7.3)_2017_Jiraporn%20Sawasdikarn_Plant%20Sciences.pdf)
- Schumann, K. (1895). *Elaeocarpaceae, Tiliaceae, Malvaceae, Bombacaceae, Sterculiaceae* (Vol. 3). Engelmänn.
- Siddiq, M., & Nasir, M. (2012). Dragon fruit and durian. In M. Siddiq, J. Ahmed, M. G. Lobo, & F. Ozadali (Eds.), *Tropical and subtropical fruits: Postharvest physiology, processing and packaging* (pp. 587–596). Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118324097.ch30>
- Soepadmo, E., & Eow, B. K. (1977). The reproductive biology of *Durio zebithenus* Murr. *Gardens' Bulletin Singapore*, 29, 25–33. <https://www.nparks.gov.sg/sbg/research/publications/gardens-bulletin-singapore/-/media/sbg/gardens-bulletin/4-4-29-05-y1977-v29-gbs-pg-25.pdf>
- Somsri, S. (2008). Durian: Southeast Asia's king of fruits. *Chronica Horticulturae*, 48(4), 19–22. <https://www.actahort.org/chronica/pdf/ch4804.pdf#page=19>
- Somsri, S. (2017). Production, diversity and utilization of durian in Thailand. *Acta Horticulturae*, 1186, 1–14. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1186.1>
- Sospeter, E., Ding, P., Fang, T. H., Misran, A., Abas, F., & Dey, G. (2025). Understanding the complex aroma profile of durian fruit: A concise review. *Journal of Food Science*, 90(3), e70099. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.70099>
- Subhadrabandhu, S., & Ketsa, S. (2001). *Durian: King of tropical fruit*. Daphne Brasell Associates.
- Tantrakoonsab, N., & Tantrakoonsab, W. (2021). Thai exports of durian to China: The expanding role of Chinese entrepreneurs. In J. Fold, G. Neilson, & M. S. Goss (Eds.), *Global production networks and rural development* (pp. 82–105). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781800883888.00009>
- Tran, V. H., Doan, H. T., Nguyen, M. T., Huynh, K. T., Tran, T. O. Y., Mai, V. T., Nguyen, V. H., & Tran, S. H. (2024). Durian. In M. Siddiq, M. Dolan, & K. Shetty (Eds.), *Tropical and subtropical fruits: Postharvest*

- physiology, processing and packaging* (Chap. 3). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003305033-3>
- Van Hau, T., Tien, D. H., Thuy, N. M., Ky, H., Yen, T. T. O., Van Tri, M., ... & Hieu, T. S. (2023). Durian. In *Tropical and subtropical fruit crops* (pp. 161–200). Apple Academic Press.
- Van Hau, T., Tien, D. H., Thuy, N. M., Ky, H., Yen, T. T. O., Van Tri, M., ... & Hieu, T. S. (2023). Durian. In *Tropical and subtropical fruit crops* (pp. 161–200). Apple Academic Press.
- Voon, Y. Y., Hamid, N. S. A., Rusul, G., Osman, A., & Quek, S. Y. (2007). Characterization of Malaysian durian (*Durio zibethinus* Murr.) cultivars: Relationship of physicochemical and flavor properties with sensory properties. *Food Chemistry*, 103(4), 1217–1227.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.038>
- Watson, B. J. (1984). Durian. In P. E. Page (Ed.), *Tropical tree fruits for Australia*. Horticulture Branch, Queensland Department of Primary Industries.
- Wiangsamut, B., Wiangsamut, M. E. L., Wattana, K., Bamrung, P., & Charroenmoon, K. (2021). Effect of ethephon on fruit ripening and fruit components of durian cv. 'Monthong' after harvest. *Acta Horticulturae*, 1327, 317–324.
- Wiangsamut, B., Wiangsamut, M. E. L., Wattana, K., Bamrung, P., & Charroenmoon, K. (2021). Effect of ethephon on fruit ripening and fruit components of durian cv. 'Monthong' after harvest. *Acta Horticulturae*, 1305, 149–156. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1305.19>

BÖLÜM 3

ÜRÜN VERİMLİLİĞİNDE TOPRAK SAĞLIĞI VE ENZİM AKTİVİTESİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Yük. Müh. Hasine KÜÇÜKYILDIRIM¹

Yük. Müh. Halime ÖZTÜRK²

Prof. Dr. Salih AYDEMİR³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15850463>

¹ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü
Şanlıurfa, Türkiye. hasineelci7@gmail.com, Orcid ID: 0000-0001-5822-9439

² Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,
Şanlıurfa, Türkiye. ho166832@gmail.com Orcid ID: 0000-0002-9251-1750

³ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,
Şanlıurfa, Türkiye. salihaydemir@harran.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-3236-8438

Giriş

Toprak sağlığı, sürdürülebilir tarımın temel unsurlarından biridir ve uzun vadeli gıda güvenliğinin sağlanmasında kritik bir rol oynar. Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte gıda talebi de artmakta, bu durum tarım sistemleri üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır. Bu artan ihtiyacı karşılamak için çevresel sürdürülebilirliği göz önünde bulundurarak toprak sağlığını önceliklendirmemiz gerekmektedir. Toprak sağlığı; bitkiler, hayvanlar ve insanlar için yaşamsal işlevleri yerine getiren canlı bir toprak ekosisteminin varlığını ifade eder. Bu kavram, toprağın fiziksel yapısı, kimyasal bileşimi ve biyolojik çeşitliliği gibi birçok özelliği kapsar. Dokusu, organik madde oranı, pH düzeyi, besin içeriği ve mikrobiyal çeşitliliği sağlıklı bir toprağın temel bileşenleridir. Verimli bir toprak, bitki gelişimi için gerekli olan suyu, besin elementlerini ve uygun fiziksel ortamı sağlayarak tarımsal üretimi destekler. Özellikle azot, fosfor ve potasyum gibi makro besinler açısından zengin topraklar, sağlıklı bitki büyümesi için elzemdir. Bu tür topraklar yalnızca yüksek verim sunmakla kalmaz, aynı zamanda zararlılara ve hastalıklara karşı dirençli bitki gelişimini de destekler. Aksine, besin yönünden yetersiz topraklar, zayıf gelişim, düşük verim ve artan stres duyarlılığı gibi olumsuz sonuçlara yol açabilir.

Toprağın yapısı ve organik madde içeriği aynı zamanda su tutma kapasitesi üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Su tutma yeteneği yüksek olan topraklar, özellikle kurak dönemlerde veya düzensiz yağış koşullarında bitkilerin suya erişimini sürdürebilmesini sağlar. Bu durum, mahsul kaybı riskini azaltır ve daha istikrarlı bir hasat elde edilmesine katkıda bulunur. Ayrıca, iyi yapılandırılmış topraklar kök gelişimi için elverişli bir ortam sunar. Derin ve güçlü kök sistemleri, bitkiyi rüzgâr ve şiddetli yağış gibi çevresel stres faktörlerine karşı korurken besin ve su alımını da optimize eder. Toprak sağlığının bir diğer önemli yönü ise erozyona karşı direncidir. Sağlıklı topraklar, organik madde ve yapısal bütünlükleri sayesinde erozyona daha az eğilimlidir. Erozyon; rüzgâr veya sel gibi doğal kuvvetlerle, besin açısından zengin üst toprağın kaybına neden olur ve bu durum hem verimli arazilerin bozulmasına hem de su kaynaklarının kirlenmesine yol açabilir. Bu nedenle, toprak koruyucu örtü bitkileri ekimi ve azaltılmış toprak işleme gibi sürdürülebilir uygulamalar, toprak bütünlüğünü koruyarak erozyonu azaltmada önemli rol oynar. Ayrıca, sağlıklı topraklar karbon döngüsü açısından da büyük

öneme sahiptir. Organik madde yönünden zengin topraklar, atmosferdeki karbondioksiti yakalayarak karbon tutumuna katkıda bulunur ve bu sayede sera gazı birikiminin azaltılmasına yardımcı olur. Toprağın karbon depolama kapasitesini artıran sürdürülebilir uygulamalar, iklim değişikliğiyle mücadelede stratejik bir rol üstlenir.

Sağlıklı topraklar, zengin ve çeşitli mikrobiyal toplulukların yanı sıra bu mikroorganizmaların salgıladığı enzimleri de barındırır. Toprak mikroorganizmaları; organik maddenin parçalanması, besin elementlerinin mineralizasyonu ve patojenlerin baskılanması gibi temel ekosistem işlevlerini yerine getirir. Bu süreçlerde görev alan toprak enzimleri, özellikle karbon, azot, fosfor ve kükürt gibi elementlerin döngüsünde kilit rol oynar. Enzimlerin aktivitesi, mikrobiyal faaliyetlerin bir göstergesi olarak toprak biyolojik canlılığını ve fonksiyonel kapasitesini yansıtır. Sürdürülebilir tarım uygulamaları, hem toprak mikrobiyotasını hem de enzim aktivitesini destekleyerek toprağın biyolojik dengesini korur. Bu sayede, hem toprak altında hem de üzerinde biyolojik çeşitliliği teşvik eden, daha dirençli ve üretken tarım ekosistemlerinin gelişimi mümkün hale gelir.

Toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine ek olarak, enzim aktiviteleri gibi biyolojik özellikleri de toprak sağlığının belirteçleri olarak değerlendirilebilir (Dick, 1994). Enzimler, toprak organik maddesinin (SOM) mineralizasyonunda, besin elementlerinin döngüsünde, karbonun tutulmasında, atık yönetiminde ve iz gaz emisyonlarında önemli roller üstlenir (Bergstrom ve ark., 1998; Kang ve ark., 2013). Mikroorganizmalar ve bitki kökleri tarafından salgılanan toprak enzimleri, çevresel koşullara ve tarımsal uygulamalara duyarlıdır; bu enzimler, kimyasal reaksiyonların hızını artırırken kendileri değişmeden kalır (Dick, 1994). Enzim aktiviteleri, mikrobiyal büyüme ve faaliyetin izlenmesinde kullanılabilir ve toprak kalitesinin bir göstergesi olarak kabul edilir (Bergstrom ve ark., 1998; Frankenberger & Dick, 1983; Rokosch ve ark., 2009). Enzim analizleri, geçmişte uygulanan tarım ve toprak yönetimlerinin biyolojik etkilerini yansıtan bütüncül göstergeler sunar (Dick ve ark., 1996). Toprak enzim aktiviteleri gibi biyolojik özelliklere dair bilgiler, toprak bozulmasının erken teşhisi ve kara ekosistemlerinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir; çünkü biyolojik süreçler kara ekosistemlerinin işleyişinde temel rol oynar (Dick, 1994). Ölçümünün kolay ve hızlı olması, ayrıca birçok toprak özelliğiyle ilişkili bulunması, enzim aktivitelerinin toprak sağlığını

değerlendirmede giderek daha fazla tercih edilmesini sağlamaktadır (Bergstrom ve ark., 1998; Dick, 1994; Perez-Guzman ve ark., 2020).

Toprak Enzimleri

Dehidrogenaz Aktivitesi (DHA)

Dehidrogenaz aktivitesi, toprak mikrobiyal işlevselliğini değerlendirmek amacıyla kullanılan önemli bir biyokimyasal göstergedir. Oksidoredüktaz enzim grubuna ait olan bu enzim, toprak biyolojisinde hayati bir rol üstlenir. Lenhard (1956), DHA'nın mikrobiyal metabolik faaliyetlerin değerlendirilmesinde kullanılabileceğini ilk ifade eden araştırmacılardan biridir. Dehidrogenaz enzimleri yalnızca canlı mikrobiyal hücrelerin içinde bulunur ve hücre dışına salgılanmazlar; bu nedenle, topraktaki mikrobiyal canlılığın doğrudan bir göstergesidir. Bu enzimler, hücresel redoks (indirgenme-yükseltgenme) tepkimelerinde proton (H^+) ve elektron transferini sağlayarak önemli görevler üstlenir. Özellikle solunum ve elektron taşıma zinciri süreçlerinde yer alarak çeşitli organik bileşikler okside eder ve bu süreçte indirgen güç üretirler. Dehidrogenazlar, genellikle hidrojen iyonlarını nikotinamid adenin dinükleotid (NAD^+) veya fosfatlı formu olan $NADP^+$ gibi koenzimlere aktararak işlev görürler (Gianfreda ve Rao, 2014). Toprak DHA düzeyi, mikrobiyal toplulukların toplam oksidatif metabolik faaliyetlerini yansıttığı için, topraktaki biyolojik aktivitelerin güvenilir bir göstergesi olarak kabul edilir (Gu ve ark., 2009). Bu enzimler, organik maddeyi oksitleyerek proton ve elektronları uygun inorganik alıcılara aktararak ayrışma sürecini kolaylaştırır. DHA düzeyleri, toprak tipi, nem oranı ve oksijen mevcudiyeti gibi faktörlerden etkilenmektedir (Brzezinska ve ark., 1998; Glinski ve Stepniewski, 1985; Kandeler, 1996). Toprak neminin tarla kapasitesinden suya doymun hale geçmesi, mikrobiyal faaliyetlerde aerobik yapıdan anaerobik yapıya keskin bir geçişe neden olur. Bu nedenle, DHA mikrobiyal oksidatif potansiyelin hassas bir göstergesi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Gu ve ark., 2009; Tabatabai, 1982; Trevors, 1984).

Amilaz

Amilazlar, nişastanın parçalanmasında görev alan ve en az üç farklı enzimden oluşan bir enzim grubudur. Nişasta, glukoz birimlerinin α (1 $\rightarrow$ 4) glikozidik bağlarla birbirine bağlandığı bir polimerdir. α -amilaz, bu bağları molekülün iç kısımlarından kırarak, daha kısa zincirli polisakkaritler olan

dekstrinleri oluşturur. Öte yandan, β -amilaz, nişasta molekülünün indirgen olmayan ucundan iki glukoz biriminden oluşan yapıların ayrıştırılması yoluyla maltoz üretir (Thoma ve ark., 1971). Ardından, α -glukozidaz (veya maltaz) enzimi, bu maltozu daha da parçalayarak serbest glukoz birimlerine dönüştürür. α ve β amilazlar, farklı biyolojik kaynaklardan elde edilebilir; ancak bir organizmanın her iki enzimi birden üretmesi nadiren görülür. Ross'un (1975) belirttiğine göre, amilazlar tarımsal uygulamaların ve bitki örtüsünün toprak üzerindeki etkilerini şekillendirmede rol oynayan bir enzim grubudur. Her ne kadar karbon döngüsüne katkıda bulunsalar da, bu enzimlerin etki ettiği substrat olan nişasta, toprak organik maddesi kaynakları arasında yaygın bir bileşen değildir. Bu nedenle, amilazlar toprak enzimleri arasında nispeten daha az önem taşımaktadır.

Selülaz

Amilaz enzimleri gibi, selülaz da birden fazla bileşenden oluşan bir enzim grubudur ve selülozun parçalanmasında görev alır. Selüloz, glukoz moleküllerinin β (1 $\rightarrow$ 4) glikozidik bağlarla birbirine bağlanmasıyla oluşmuş bir polisakkarittir. Bu enzim grubunun bir bileşeni olan endoselülaz, selüloz zincirinin iç bölgelerindeki glikozidik bağları parçalayarak sellodekstrinler oluşturur. Ekzoselülaz ise zincirin indirgen olmayan ucundan hücrebioz (cellobiose) ve hücretrioz (cellotriose) gibi daha küçük şeker birimlerini ayırarak parçalanma sürecini tamamlar.

β -Glukosidaz

Toprakta en yaygın bulunan ve baskın şekilde aktif olan enzimlerden biri β -glukosidazdır (Eivazi ve Tabatabai, 1988). Bu enzim, sellobiyoz ve sellotrioz gibi küçük selüloz parçalarının β (1 $\rightarrow$ 4) glikozidik bağlarını hidrolize ederek serbest glukoz üretir. Toprağa giren bitki artıkları ve döküntüler, yüksek oranda selüloz içerir ve bu organik maddelerin toprak mikroorganizmaları tarafından kullanılabilmesi için parçalanmaları gerekir. Bu nedenle, selülaz ve özellikle β -glukosidaz enzimleri, organik maddenin düşük moleküler ağırlıklı karbon bileşiklerine dönüşmesinde önemli rol oynar (Ajwa ve Tabatabai, 1994; Tabatabai, 1994).

β -glukosidaz, topraktaki birçok mikrobiyal tür tarafından üretilir ve bu özelliği sayesinde, topraktaki mikrobiyal aktivitenin genel bir göstergesi olarak dehidrogenaz aktivitesine benzer bir öneme sahiptir. Ancak dehidrogenazdan

farklı olarak, β -glukosidaz hücre dışı (ekstraselüler) bir enzimdir. Bu enzim, organik maddenin ayrışması sırasında glukoz salarak mikroorganizmaların gelişimini destekler; çünkü glukoz, çoğu mikroorganizma için öncelikli karbon kaynağıdır (Acosta-Martinez ve ark., 2011; Gianfreda ve Rao, 2014; Tabatabai, 1994).

Ayrıca, bu enzim yıl boyunca görece sabit kalma eğilimindedir ve mevsimsel değişimlerden az etkilenir (Turner ve ark., 2000). Buna karşın, toprak sağlığı, pH değeri ve uygulanan tarımsal yönetim stratejileri gibi fizikokimyasal özelliklerden büyük ölçüde etkilenir. Özellikle uygulanan gübre türü ve organik artıklar gibi girdi yönetimleri, toprak pH'ını değiştirerek β -glukosidaz aktivitesini doğrudan etkiler (Acosta-Martinez ve Tabatabai, 2000; Bandick ve Dick, 1999; Perucci, 1992). Bu nedenle, tarımsal uygulamaların toprak sağlığı üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla β -glukosidaz aktivitesi, ekolojik değişimlerin izlenmesi ve toprak iyileştirme süreçlerinin değerlendirilmesinde önemli bir biyolojik gösterge olarak kabul edilmektedir.

Fosfatazlar

Fosfor, bitki gelişimini sınırlayan temel besin elementlerinden biridir; toprakta bolca bulunsa da, bitkiler tarafından kullanımı oldukça kısıtlıdır ve verimliliği genellikle %15–20'yi geçmez. Kimyasal fosfor gübreleri uygulandığında dahi, bu fosforun %80'inden fazlası toprakta sabit hale gelerek bitkiler için erişilemez olur. Fosfor, doğal olarak asidik koşullarda çözünebilen bağlı formlar hâlinde bulunur. Bitki kökleri ve bazı mikroorganizmalar, çevrelerine organik asitler salgılayarak fosfatı sınırlı miktarda çözünebilir hâle getirebilir. Ancak aşırı asidik ortamlar da mikrobiyal faaliyeti olumsuz etkiler. Bu nedenle, organik fosfor bileşikleri toprakta fosfor sağlanmasında daha önemli bir kaynak haline gelir ve bu bileşiklerin parçalanması için enzimlere ihtiyaç duyulur. Fosfatazlar, organik fosfor içeren bileşiklerdeki fosfo-ester bağlarını hidrolizleyerek inorganik fosforu (ortofosfat) serbest bırakan hücre dışı enzimlerdir. Bu enzimler, hidroliz edilen bağ sayısına ve etkin oldukları optimum pH düzeyine göre sınıflandırılır. Fosfatazlar, indüklenebilir ve çevresel koşullara uyum sağlayabilen enzimlerdir (Nannipieri, 1994). Bu nedenle, topraktaki ortofosfat konsantrasyonu, fosfataz aktivitesini etkiler; ortofosfat miktarının artışı fosfataz aktivitesini düşürür (Amador et al., 1997; Sarapatka, 2003; Sinsabaugh et al., 1993). Bitki kökleri de fosfor eksikliği

durumunda asidik fosfataz üreterek topraktaki sabit fosforu harekete geçirebilir. Mantarlar çoğunlukla asit fosfataz üretirken, bakteriler çoğunlukla alkali fosfataz üretir; ancak bazı türler her iki türü de sentezleyebilir. Fosfodiesteraz enzimleri ise, iki bağla organik maddeye bağlı ortofosfatı (örneğin nükleik asitler) serbest bırakabilir.

Proteaz

Azot, bitkiler için gerekli olan temel besin maddelerinden biridir ve topraktan amonyum veya nitrat formunda alınır. Topraktaki azot miktarının artması bitki büyümesini önemli ölçüde artırır. Proteaz, topraktaki organik azotun mineralizasyonunda görev alan önemli bir enzimdir (Ladd ve Jackson, 1982). Bu enzim, hem organik hem de inorganik kolloidal maddelerle ilişkilidir (Burns, 1982; Nannipieri et al., 1996). Hücre dışı bir enzim olan proteaz, ekosistem işlevlerinin sürdürülmesinde ve bitkilerin azot ihtiyacının karşılanmasında önemli rol oynar (Burns, 1982). Proteaz, proteinlerdeki peptit bağlarını hidrolizleyerek, öncelikle kısa peptitlere, ardından amino asitlere dönüştürür. Bu amino asitler, toprak mikroorganizmaları için bir azot kaynağıdır. Mikroorganizmalar bu amino asitleri doğrudan kullanabilir ya da bunlar daha sonra amonyağa dönüştürülerek bitkilerin azot ihtiyacını karşılayabilir. Özellikle organik artık girdileriyle yapılan tarımda, proteaz enzimleri topraktaki azotun mineralizasyonunda kilit rol oynar.

Üreaz

Yüksek verimli bir bitki üretimi için, toprağa yeterli miktarda azot sağlanması büyük önem taşır. Ancak organik materyal olarak kullanılan bitki artıklarının C:N oranı yüksek olduğu için azot içeriği genellikle düşüktür. Kimyasal gübreleme uygulamalarında azot çoğunlukla üre $[CO(NH_2)_2]$ formunda verilir. Fakat bitkiler üreyi doğrudan kullanamaz; önce parçalanarak amonyak ya da amonyum iyonlarına dönüştürülmesi gerekir (Zantua ve Bremner, 1977). Bu dönüşüm, toprak mikroorganizmaları tarafından salgılanan üreaz enzimi aracılığıyla gerçekleştirilir. Üreaz, üreyi amonyum ve karbondioksit hidroliz eder (Andrews et al., 1989; Byrnes ve Amberger, 1989; Fazekasova, 2012; Pettit et al., 1976). Üreaz enzimi, mantarlar, bakteriler, mayalar, algler ve bazı bitki kökleri dâhil olmak üzere hemen her toprak mikrobiyal grubu tarafından üretilir (Follmer, 2008). Mikroorganizmalarda hem hücre içi hem de hücre dışı formlarda bulunabilir (Burns, 1986; Mobley

ve Hausinger, 1989). Topraktaki azot döngüsünü doğrudan etkileyen bu enzim, amonyum düzeyini artırarak toprak pH'ının yükselmesine neden olur. Ancak serbest kalan amonyağın uçucu özellikte olması, azotun kaybına ve dolayısıyla atmosfer üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir (Simpson ve Freney, 1988). Bu durum, uygulanan azotlu gübrelerin verimliliğini düşürmektedir. Bu nedenle, özellikle bitki gelişim dönemlerinde üreaz aktivitesinin düzenlenmesine yönelik araştırmalar önem kazanmıştır (Das ve Verma, 2011; Rotini, 1935). Toprakta üreazın etkisini azaltmak ve azot kayıplarını önlemek için polimer kaplamalı üre gibi yavaş salınımlı gübreler tercih edilmektedir.

Aryl Sülfataz

Kükürt (S), bitkiler ve toprakta yaşayan diğer organizmalar için yaşamsal öneme sahip bir besin maddesidir. S içeren amino asitler (sistein ve metiyonin), sülfatlanmış karbonhidratlar, bazı vitaminler (tiamin ve biyotin), bitkisel alkaloidler (örneğin alisin), bitki ve mikrobiyal savunma bileşenleri (örneğin merkaptanlar) ve glutatyon gibi işlevsel moleküller kükürt içerir. Kükürt eksikliği, amino asit üretimini yavaşlatarak bitki gelişimini olumsuz etkiler ve sonuç olarak ürün verimini düşürür. Bitkiler kükürtü genellikle sülfat formunda alır. Ancak sülfatlar, topraktan yıkanarak ya da mikrobiyal sülfat solunumu yoluyla atmosfere kaybedilebilir, bu da topraktaki kullanılabilir sülfat miktarını sınırlar. Topraktaki organik madde, kükürtün başlıca kaynağıdır. Organik kükürt, mikroorganizmalar tarafından inorganik sülfata dönüştürülerek bitkiler tarafından alınabilir hâle gelir. Bu dönüşümde görev alan toprak enzimlerine **sülfatazlar** adı verilir. Doğada yaygın olarak bulunan bu enzimler, topraktaki sülfür esterlerinin hidrolizinde kritik rol oynar (Ganeshamurthy et al., 1995; Gupta et al., 1993; Kertesz ve Mirleau, 2004). Toprakta kükürt eksikliği ya da düşük S koşulları, bakteri popülasyonlarında sülfataz sentezini tetikler (McGill ve Colle, 1981). Topraktaki aril sülfataz miktarını en çok etkileyen unsur bu bakteri topluluklarıdır ve ayrıca dışarıdan uygulanan S kaynaklarının etkinliğini de belirler (Vong et al., 2003). Aril sülfataz enzimi, aromatik sülfat esterlerinin ($R-O-SO_3^-$) oksijen-kükürt (O-S) bağıını kopararak fenol ($R-OH$) ve sülfat (SO_4^{2-}) şeklinde ayrışmasını sağlar ve bu dönüşümle sülfat, bitki tarafından kullanılabilir hâle gelir (Tabatabai, 1994). Bu enzimin aktivitesi, özellikle bitki büyümesinin yoğun olduğu dönemlerde, topraktaki inorganik sülfat konsantrasyonuna bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Toprak Enzimlerinin Toprak Sağlığı ve Ürün Verimindeki Rolü

Toprak enzimleri, toprak ekosisteminde gerçekleşen çok sayıda biyokimyasal süreçte hayati roller üstlenir. Bu enzimler; organik maddenin parçalanması, besin elementlerinin mineralizasyonu, karbon (C), azot (N), fosfor (P) ve kükürt (S) gibi makro besin elementlerinin döngüsünde etkin görev alır. Söz konusu enzimler genellikle toprak mikrobiyal topluluklarının doğrudan ürünü olarak hücre içinden salınabildikleri gibi, hücre dışına da salgılanarak toprak çözeltisinde veya toprak partiküllerine adsorbe olmuş şekilde katalitik faaliyet gösterebilirler. Bu nedenle, toprak enzim aktiviteleri, toprakta mikrobiyal canlılığın ve biyokimyasal döngülerin bir göstergesi olarak kabul edilir. Toprak biyokimyasının anlaşılması, sürdürülebilir toprak yönetimi ve tarımsal üretkenliğin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Özellikle karbon, azot, fosfor ve kükürt döngülerine dair bilgi edinmek amacıyla belirli enzimlerin analizi yapılmaktadır. Bu bağlamda, karbon döngüsünde görev alan β -glukosidaz (BG), azot döngüsünde işlev gören N-asetil- β -glukozaminidaz (NAG), fosfor döngüsünde etkili fosfomonoesteraz (PME) ve kükürt döngüsünde yer alan arilsülfataz (AST) enzimleri en yaygın olarak incelenen toprak enzimleri arasında yer almaktadır (Acosta-Martinez ve ark., 2019; Perez-Guzman ve ark., 2020, 2021). Bu enzimlerin toprak sağlığı, besin döngüleri, sera gazı salımları, toprak organik maddesinin tutulumu ve tarımsal sürdürülebilirlik açısından taşıdığı önem nedeniyle, son yıllarda bilimsel literatürde artan bir ilgi görmektedir (Stott ve ark., 2010).

BG enzimi, toprak organik maddesinin parçalanmasında önemli rol oynayan bir hidrolazdır ve selüloz gibi polisakkarit yapıların daha basit şeker moleküllerine ayrıştırılmasını sağlar. BG enziminin topraktaki aktivitesi, mikrobiyal toplulukların karbonu ne ölçüde mineralize ettiğini veya depoladığını anlamada önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Stott ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, BG aktivitesinin toprak organik karbonuna oranı 17'nin üzerinde ise bu durum karbonun daha fazla tutulduğunu, 17'nin altında ise karbon mineralizasyonunun baskın olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, toprağın karbon tutma kapasitesinin değerlendirilmesinde BG enzim aktivitesinin değerli bir biyobelirteç olabileceğini ortaya koymaktadır.

BG ve NAG enzimleri, karmaşık karbonhidrat yapılarının daha basit bileşiklere indirgenmesi sürecinde mikroorganizmalar için kolay ulaşılabilir karbon ve azot kaynaklarının serbest bırakılmasını sağlar. Bu enzimler sadece enerji üretimi değil, aynı zamanda mikrobiyal biyokütlenin devamlılığı açısından da önem taşır (Deng & Popova, 2011; Sanchez ve ark., 2019). NAG enzimi, özellikle kitin gibi azot içeren polisakkaritleri parçalayarak, organik azotu amonyak gibi inorganik ve bitkiler tarafından alınabilir formlara dönüştürür. Bu yönüyle, NAG aktivitesi toprak azot döngüsünün önemli bir parçası olarak değerlendirilir.

AST enzimi, organik sülfat esterlerini bitkiler tarafından alınabilir sülfat ($\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$) formuna dönüştürerek kükürt döngüsünde kilit bir rol oynar (Klose & Tabatabai, 1991). AST aktivitesi, özellikle organik kükürtün mineralizasyonu ve bitkilerin kükürt ihtiyacının karşılanmasında kritik öneme sahiptir. Fosfomonoesteraz (PME) ise, organik fosfor bileşiklerini inorganik fosfat iyonlarına hidrolize ederek bitkiler tarafından kullanılabilir hale getirir. Bu enzim, özellikle fosfor içeriği düşük olan topraklarda, bitkisel büyümenin sürdürülebilmesi açısından son derece önemlidir.

PME ve AST enzimlerinin aktiviteleri, toprak pH'ı ve inorganik fosforun bulunabilirliği gibi çeşitli toprak özelliklerinden etkilenmektedir. Asidik topraklarda genellikle asidik fosfataz aktivitesi daha yüksek olurken, bazik koşullarda ise bazik fosfataz aktivitesinin arttığı gözlemlenmiştir (Acosta-Martinez & Tabatabai, 2000). Bununla birlikte, enzim analizleri belirli ve kontrollü laboratuvar koşullarında (sabit sıcaklık, pH ve substrat konsantrasyonları altında) yapıldığından, elde edilen sonuçlar toprakta mevcut olan “potansiyel” enzim aktivitesini yansıtmaktadır. Bu da, enzim aktivitelerinin toprakta gerçek zamanlı olarak ne kadar etkili olduğunu doğrudan göstermemekle birlikte, mikrobiyal potansiyeli ve besin döngüsü kapasitesini yansıtmak açısından önemli bir parametredir (Dick ve ark., 1996).

Toprak enzim aktivitelerinin birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliğiyle ilişkili olduğu pek çok çalışma tarafından ortaya konmuştur. Örneğin, BG aktivitesinin toprak organik karbonu (SOC), toplam azot (STN), inorganik fosfor (IP) ve mikrobiyal biyokütle karbonu ile anlamlı korelasyonlar gösterdiği belirlenmiştir (Lupwayi ve ark., 2018; Melero ve ark., 2008). Stott ve ark. (2010), BG aktivitesinin toprak agregasyonu ve suyun toprak profiline sızma hızı ile pozitif ilişkili olduğunu, buna karşılık toprak hacim ağırlığı (bulk

density, BD) ile negatif yönde bir ilişki sergilediğini göstermiştir. Bu bulgular, BG aktivitesinin toprak yapısal bütünlüğü ve su tutma kapasitesi ile de ilişkili olabileceğine işaret etmektedir.

Bowls ve ark. (2014), BG aktivitesinin topraktaki erişilebilir azot miktarıyla; NAG aktivitesinin ise karbon mevcudiyetiyle yakından ilişkili olduğunu belirtmiştir. Yani, her iki enzim de çevresel koşullara ve toprak bileşimine duyarlı biyolojik indikatörler olarak değerlendirilebilir. Diğer yandan, Caudle ve ark. (2020), Perez-Guzman ve ark. (2021) ve Reardon ve ark. (2019) gibi araştırmacılar BG ve NAG enzim aktivitelerinin fosfolipid-türevli yağ asitleri (PLFA), permanganatla ekstrakte edilebilen karbon (POXC), SOC, STN ve otoklavla sitratla ekstrakte edilen protein (ACEP) gibi biyoaktif toprak parametreleriyle pozitif korelasyon içinde olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, Muruganandan ve ark. (2009) tarafından yapılan araştırmalar, NAG enzim aktivitesinin potansiyel olarak mineralize olabilen azot (PMN), SOC, mikrobiyal biyokütle karbonu ve PLFA ile de pozitif ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu durum, NAG aktivitesinin topraktaki azot döngüsünün dinamik bir göstergesi olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

PME ve AST aktivitelerinin mikrobiyal biyokütle, SOC ve STN ile anlamlı düzeyde pozitif ilişkiler sergilediği de Frankenberger ve Dick (1983) tarafından vurgulanmıştır. Buna ek olarak, Dick ve ark. (1988) ile Martens ve ark. (1992), bu enzim aktivitelerinin toprak hacim ağırlığı ile ters, suyun infiltrasyon hızı ile ise doğru orantılı olduğunu bildirmiştir. Bu bulgular, enzim aktivitelerinin yalnızca kimyasal değil, aynı zamanda fiziksel toprak özelliklerinden de etkilendiğini göstermektedir. Dick (1994), AST aktivitesinin mikrobiyal biyokütle karbonu ve toprak agregasyonu ile pozitif yönde ilişkili olduğunu belirterek, bu enzimin mikrobiyal ekosistem yapısının önemli bir göstergesi olduğunu ileri sürmüştür.

Toprak enzim aktiviteleri ile bitkisel ürün verimi arasındaki ilişki ise bazı durumlarda oldukça karmaşık ve değişken olabilmektedir. Dick (1994), gübreleme ve sulama gibi tarımsal uygulamaların verimi artırırken, mikrobiyal enzim aktivitelerinde düşüşe neden olabileceğini, dolayısıyla ürün verimi ile enzim aktivitesi arasında her zaman doğrusal bir ilişki kurulamayacağını ifade etmiştir. Ayrıca, toprakta yüksek düzeyde bulunan bazı makro besin elementlerinin mikrobiyal enzim üretimini baskılayabileceği de rapor edilmiştir (Bowls ve ark., 2014; Dick, 1994; Dick ve ark., 1996). Bu bağlamda, toprak

enzim aktiviteleri doğrudan verimlilik göstergesi olarak değil, daha çok toprak sağlığının ve mikrobiyal işlevselliğin bir yansıması olarak değerlendirilmektedir.

Cambardella ve ark. (2004), toprak enzim aktivitelerinin yalnızca toprak özellikleriyle değil, aynı zamanda ürün verimi ile de ilişkilendirilmesi gerektiğini, bu nedenle bu aktivitelerin sahada uygulanabilir, ekonomik ve kolay ölçülebilir yöntemlerle belirlenmesinin önemli olduğunu belirtmiştir. Bergstrom ve ark. (1998), Dick (1994) ve Rokosch ve ark. (2009) gibi araştırmacılar da enzim analizlerinin, sürdürülebilir tarım uygulamalarında temel bir izleme aracı olarak kullanılabileceğini savunmuştur.

Bitki büyümesi ve gelişimi için gerekli olan karbon, azot, fosfor ve kükürt gibi makro besin elementleri, bitkilerin yaşam döngüsünde merkezi öneme sahiptir. Ancak bu elementler, bitkiler tarafından doğrudan organik formda kullanılamaz; bu nedenle, organik maddelerden inorganik, alınabilir formlara dönüşmeleri gerekmektedir. Bu dönüşüm süreci, yani mineralizasyon, büyük oranda toprak mikroorganizmaları tarafından salgılanan enzimlerin yardımıyla gerçekleşmektedir (Acosta-Martinez ve ark., 2019; Perez-Guzman ve ark., 2020, 2021; Stott ve ark., 2010).

Tablo 1. Besin Maddesi Dinamiklerinde Rol Oynayan Toprak Enzimleri (Dotaniya ve ark., 2019)

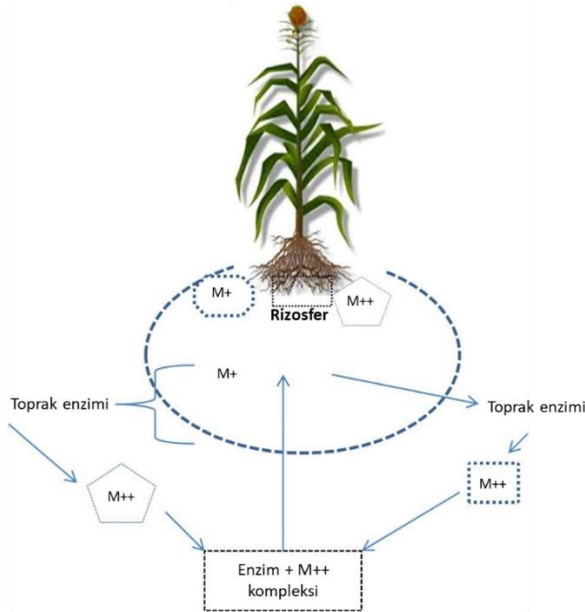
Enzim	Etkilenen Maddeler	Son Ürün	Fonksiyon	Toprak Sağlığı Açısından Önemi
Dehidrogenaz	H veren ve kabul eden türler (CO ₂ , organik asitler, alkoller vb.)	Oksitlenmiş veya indirgenmiş ürünler	Çok çeşitli substratlara H transferi yapan enzim; mikrobiyal elektron taşıma sistemi, proton salınımı	Mikrobiyal aktivitenin genel göstergesi
α-Amilaz	Nişasta	Dekstrinler	Mikroorganizmaların büyümesi için gerekli karbon bileşenlerinin salınımı	Organik madde (OM) ayrışması
β-Amilaz	Nişasta	Maltoz	OM ayrışması	

Enzim	Etkilenen Maddeler	Son Ürün	Fonksiyon	Toprak Sağlığı Açısından Önemi
Maltaz	Maltoz	Glikoz	OM ayrışması	
Endosellülaz (Endocellulase)	Selüloz	Sellodekstrinler	OM ayrışması	
Ekzosellülaz (Exocellulase)	Selüloz	Sellobiyoz, sellotrioz	OM ayrışması	
β-Glukozidaz	Sellobiyoz, sellotrioz	Glikoz	Mikrobiyal aktivitenin genel göstergesi	
Pektinaz	Pektin	Oligosakkaritler	OM ayrışması	
Lignin peroksidaz	Lignin	Kısmen depolimerize lignin	OM ayrışması	
Manganez peroksidaz	Lignin	Kısmen depolimerize lignin	OM ayrışması	
Lakkaz	Lignin	Alifatik ve aromatik polimer karışımı	OM ayrışması	
Proteaz	Protein	Amino asitler	Toprak mikroorganizmaları için azot kaynağı	Besin döngüsü
Deaminaz veya amonyak liyaz	Amino asitler	Amonyak + organik asitler	Bitkiler ve mikroorganizmalar için azot beslemesi	
Nitrat redüktaz	Nitratlar	Amonyak	Azot dönüşümü	
Amidaz	Protein olmayan organik N bileşiklerinin N-C bağları	Amonyum (NH_4^+)	Azot dönüşümü	
Üreaz	Üre	Amonyak ve karbondioksit	Azot dönüşümü	

Bu çerçevede, karbon döngüsünde BG, azot döngüsünde NAG, fosfor döngüsünde PME ve kükürt döngüsünde AST salgılayan mikroorganizmalar oldukça önemli roller üstlenmektedir. Ayrıca, bu elementlerin birbirleriyle etkileşim içinde olduğu göz önüne alındığında, bunlara bağlı enzimlerin de birbiriyle korelasyon gösterebileceği ve ürün verimi üzerinde ortak etkiler oluşturabileceği düşünülmektedir.

Özellikle kuru tarım sistemlerinde, ürün verimi büyük ölçüde yağış rejimine bağlı olmakla birlikte, toprak organik maddesinin mikrobiyal enzimler aracılığıyla mineralize edilmesi ve bu sayede bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerinin serbest bırakılması, verim açısından belirleyici bir diğer faktördür (Cambardella ve ark., 2004; Liang ve ark., 2021; Reardon ve ark., 2019; Verstraete & Voets, 1977).

Toprağa karıştırılan bitki artıklarının mineralizasyonu, toprak biyotası tarafından gerçekleştirilir ve bu süreç sonucunda bitki gelişimi için gerekli olan ve bitki kökleri tarafından kolayca alınabilen besin elementleri oluşur (Dotaniya et al., 2015; Meena et al., 2016b). Toprak mikroorganizmaları, enzim salgılayarak ve topraktaki besin elementlerinin kinetiğini etkileyerek ayrışma hızını artırır.



Şekil. Toprak enziminin bitki besin maddesi dinamiğindeki rolü (Dotaniya ve ark., 2019)

Bitki köklerini çevreleyen rizosfer bölgesi, düşük molekül ağırlıklı organik asitleri yüksek miktarda salgılar. Bu organik bileşikler, mikroorganizmalar için karbon kaynağı işlevi görür ve enzim üretimini teşvik ederek, organik maddelerin inorganik besin iyonlarına dönüşümünü hızlandıran "uyarı etkisi" yaratır (Dotaniya & Meena, 2013a, b; Dotaniya et al., 2014; Meena et al., 2017). Açığa çıkan inorganik iyonlar, diğer bitki besin elementleri ve enzimlerle geçici kompleksler oluşturarak şelatlayıcı gibi davranabilir (Dotaniya et al., 2013a, b, d). Bu kompleksler zamanla çözünerek enzimleri ve bitkiler tarafından alınabilir besin formlarını rizosfer bölgesine serbest bırakır.

Enzim Aktivitesi ve Sürdürülebilir Tarım

Toprak sağlığı, sürdürülebilir tarımın temelini oluşturmaktadır. Bu bağlamda toprak enzimleri, ekosistem işlevlerinin devamlılığı açısından kritik bir rol oynamaktadır. Toprak enzim aktivitesi, toprakta gerçekleşen biyokimyasal döngülerin özellikle karbon (C), azot (N), fosfor (P) ve kükürt (S) döngülerinin sürdürülmesinde belirleyicidir (Nannipieri et al., 2012). Enzimler, mikrobiyal hücrelerden doğrudan salgılanabildikleri gibi, ölen organizmaların hücrelerinden serbest kalmaları sonucu da toprak ortamında işlev gösterebilirler. Yüksek enzim aktivitesi, organik maddenin ayrışma hızını artırarak humus oluşumunu destekler. Bu süreç, karbon sekestrasyonunu ve toprak yapısının iyileştirilmesini beraberinde getirir. Örneğin, β -glukosidaz enzimi, selüloz gibi kompleks karbonhidratların parçalanmasında görev alırken, ureaz ve nitrat redüktaz gibi enzimler azot mineralizasyonuna katkı sağlar (Tabatabai, 1994). Bu şekilde besin maddeleri, bitkiler için daha erişilebilir hale gelir ve gübre kullanım verimliliği artar.

Enzim aktivitesi, sadece kimyasal dönüşümler açısından değil, aynı zamanda mikrobiyal çeşitlilik ve dayanıklılık açısından da önemlidir. Toprak enzim düzeyleri, mikrobiyal faaliyetin göstergesi olarak kabul edilir. Bu nedenle, enzimler toprak biyolojik kalitesinin ve fonksiyonel çeşitliliğin ölçülmesinde biyoindikatör olarak kullanılır (Bastida et al., 2008). Ayrıca, enzimatik süreçler sayesinde toprak, dışsal baskılara (örneğin kuraklık, tuzluluk, pestisit uygulamaları) karşı daha dirençli hâle gelir; bu da toprak biyolojik tampon kapasitesini artırır (Bünemann et al., 2018). Sürdürülebilir tarım uygulamaları, toprak enzim aktivitesinin desteklenmesini hedeflemelidir.

Örneğin, organik tarım, minimum toprak işleme, kompost ve yeşil gübreleme gibi uygulamalar enzim aktivitesini olumlu yönde etkiler. Organik maddenin toprak sistemine kazandırılması, hem mikrobiyal biyokütleyi hem de buna bağlı enzimatik faaliyetleri artırır. Ayrıca, kimyasal gübrelerin dengeli kullanımı ve biyolojik kaynaklı gübrelerle desteklenmesi de enzim dinamiklerini optimize edebilir.

Sonuç ve Öneriler

Toprak enzim aktivitesi, toprak sağlığının biyolojik boyutunu değerlendirmede etkili ve hassas bir biyolojik gösterge olup, sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından önemli bir izleme aracıdır. Bu göstergelerin rutin toprak analizlerine entegre edilmesi, yalnızca toprak kalitesinin izlenmesini değil, aynı zamanda bitki gelişimi ve ürün verimliliğinin artırılmasını da destekleyecektir. Enzim aktiviteleri, toprakta organik madde döngüsü, besin elementlerinin mineralizasyonu ve mikrobiyal faaliyetlerin düzeyi gibi faktörlerle doğrudan ilişkili olduğundan, bu parametrelerin izlenmesi ürün verimi üzerinde dolaylı ancak önemli etkiler yaratabilir. Dolayısıyla, enzim aktivitelerinin düzenli takibi sayesinde tarımsal üretim sistemleri hem çevresel hem de ekonomik açıdan daha sürdürülebilir hale getirilebilir. Gelecek çalışmalarda, farklı iklim koşulları ve toprak tiplerinde enzim aktivitesinin uzun dönemli izlenmesi, ayrıca gübreleme, toprak işleme gibi tarımsal uygulamalarla etkileşiminin ayrıntılı biçimde ortaya konması, toprak sağlığı ile ürün verimliliği arasındaki ilişkiyi daha derinlemesine anlamaya katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda elde edilecek bulgular, tarımsal yönetim stratejilerinin optimize edilmesinde bilimsel bir temel oluşturabilir.

Kaynakça

- Acosta-Martinez, V., & Tabatabai, M. A. (2000). Enzyme activities in a limed agricultural soil. *Biology and Fertility of Soils*, 31, 85–91. <https://doi.org/10.1007/s003740050628>
- Acosta-Martinez, V., Mikha, M.M., Sistani, K.R., Stahlman, P.W., Benjamin, J.G., et al., 2011. Multi-location study of soil enzyme activities as affected by types and rates of manure application and tillage practices. *Agriculture* 1, 4–21.
- Ajwa, H.A., Tabatabai, M.A., 1994. Decomposition of different organic materials in soils. *Soil Biol. Biochem.* 18, 175–182.
- Amador, J.A., Glucksman, A.M., Lyons, J.B., Gorres, J.H., 1997. Spatial distribution of soil phosphatase activity within a riparian forest. *Soil Sci.* 162, 808–825.
- Andrews, R.K., Blakeley, R.L., Zerner, B., 1989. Urease: a Ni (II) metalloenzyme. In: Lancaster, J.R. (Ed.), *The Bioinorganic Chemistry of Nickel*. vol. 1. VCH, New York, pp. 141–166.
- Bandick, A.K., Dick, R.P., 1999. Field management effects on enzyme activities. *Soil Biol. Biochem.* 31, 1471–1479.
- Bastida, F., Moreno, J. L., Hernández, T., & García, C. (2008). Microbiological activity in a soil 15 years after its afforestation with *Pinus halepensis*. *Microbial Ecology*, 55(4), 523–535.
- Bergstrom, D. W., Monreal, C. M., & King, D. J. (1998). Sensitivity of soil enzyme activities to conservation practices. *Soil Science Society of America Journal*, 62, 1286–1295. <https://doi.org/10.2136/sssaj1998.03615995006200050020x>
- Bowls, T.M., Acosta-Martinez, V., Calderon, F., & Jackson, L.E. (2014). Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agrosystems across an intensively managed agricultural landscape. *Soil Biology and Biochemistry*, 68, 252–262. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.10.004>
- Brzezinska, M., Stepniewska, Z., Stepniewski, W., 1998. Soil oxygen status and dehydrogenase activity. *Soil Biol. Biochem.* 30, 1783–1790.
- Burns, R.G., 1982. Enzyme activity in soil: location and possible role in microbial ecology. *Soil Biol. Biochem.* 14, 423–427.

- Burns, R.G., 1986. Interaction of Enzymes With Soil Mineral and Organic Colloids. In: Huang, P.M., Schnitzer, M. (Eds.), Interactions of Soil Minerals With Natural Organics and Microbes. Soil Sci Soc Am, Madison, pp. 429–452.
- Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., ... & Brussaard, L. (2018). Soil quality—A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105–125.
- Byrnes, B.H., Amberger, A., 1989. Fate of broadcast urea in a flooded soil when treated with N-(nbutyl) thiophosphor-ictriamide, a urease inhibitor. *Fert. Res.* 18, 221–231.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Andrews, S. S., & Karlen, D. L. (2004). Watershed-scale assessment of soil quality in the loess hills of southwest Iowa. *Soil and Tillage Research*, 78, 237–247. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.02.015>
- Caudle, C., Osmond, D., Heitman, J., Ricker, M., Miller, G., & Wills, S. (2020). Comparison of soil health metrics for a Cecil soil in the North Carolina Piedmont. *Soil Science Society of America Journal*, 84, 978–993. <https://doi.org/10.1002/saj2.20075>
- Das, S.K., Verma, A., 2011. Role of soil enzymes in maintaining soil health. In: Shukla, G., Verma, A. (Eds.), *Soil Enzymology*. vol. 1. Springer International. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14225-3_2.
- Deng, S., & Popova, I. (2011). Carbohydrate hydrolases. In R. P. Dick (Ed.), *Methods of soil enzymology* (pp. 185–209). SSSA. <https://doi.org/10.2136/sssabookser9.c9>
- Dick, R. P. (1994). Soil enzyme activities as indicators of soil quality. In W. Doran , D. C. Coleman , D. F. Bezdicek , & B. A. Stewart (Eds.), *Defining soil quality for a sustainable environment* (Vol., 35, pp. 107 124). SSSA. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c7>
- Dick, R. P., Breakwell, D. P., & Turco, R. F. (1996). Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In J. W. Doran & A. J. Jones (Eds.), *Methods of assessing soil quality* (Vol., 49, pp. 247–271). SSSA. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub49.c15>
- Dick, R. P., Myrold, D. D., & Kerle, E. A. (1988). Microbial biomass and soil enzyme activities in composted and rehabilitated skid trail soils. *Soil*

- Science Society of America Journal, 52, 513–516. <https://doi.org/10.2136/sssaj1988.03615995005200020038x>
- Dotaniya, M. L., Aparna, K., Dotaniya, C. K., Singh, M., & Regar, K. L. (2019). Role of soil enzymes in sustainable crop production. ICAR-Indian Institute of Soil Science, Bhopal, India.
- Dotaniya, M.L., Datta, S.C., 2014. Impact of bagasse and press mud on availability and fixation capacity of phosphorus in an inceptisol of North India. Sugar Tech. 16 (1), 109–112.
- Dotaniya, M.L., Datta, S.C., Biswas, D.R., Meena, B.P., 2013d. Effect of solution phosphorus concentration on the exudation of oxalate ions by wheat (*Triticum aestivum* L.). Proc. Natl. Acad. Sci. India Sec. B: Biol. Sci. 83 (3), 305–309.
- Dotaniya, M.L., Datta, S.C., Biswas, D.R., Meena, H.M., Rajendiran, S., Meena, A.L., 2015. Phosphorus dynamics mediated by bagasse, press mud and rice straw in Inceptisol of North India. Agrochimica 59 (4), 358–369.
- Dotaniya, M.L., Meena, V.D., 2013a. Rhizosphere effect on nutrient availability in soil and its uptake by plants—a review. Proc. Natl. Acad. Sci. India Sec. B: Biol. Sci. 85 (1), 1–12.
- Dotaniya, M.L., Prasad, D., Meena, H.M., Jajoria, D.K., Narolia, G.P., Pingoliya, K.K., Meena, O.P., Kumar, K., Meena, B.P., Ram, A., Das, H., Chari, M.S., Pal, S., 2013b. Influence of phytosiderophore on iron and zinc uptake and rhizospheric microbial activity. Afr. J. Microbiol. Res. 7 (51), 5781–5788.
- Fazekasova, D., 2012. Evaluation of Soil Quality Parameters Development in Terms of Sustainable Land Use: Sustainable Development—Authoritative and Leading Edge Content for Environmental Management. In Tech, Rijeka.
- Follmer, C., 2008. Insights into the role and structure of plant ureases. Phytochemistry 69, 18–28.
- Frankenberger, W. T., & Dick, W. A. (1983). Relationship between enzyme activities and microbial growth and activity indices in soil. Soil Science Society of America Journal, 47, 945–951. <https://doi.org/10.2136/sssaj1983.03615995004700050021x>

- Ganeshamurthy, A.M., Singh, G., Singh, N.T., 1995. Sulphur status and response of rice to sulphur in some soils of Andaman and Nicobar Islands. *J. Ind. Soc. Soil Sci.* 43, 637–641.
- Gianfreda, L., Rao, M.A., 2014. *Enzymes in Agricultural Sciences*. OMICS Group eBooks, USA.
- Glinski, J., Stepniowski, W., 1985. *Soil Aeration and its Role for Plants*. CRC, Boca Raton, FL.
- Gu, Y., Wang, P., Kong, C., 2009. Urease, invertase, dehydrogenase and polyphenol activities in paddy soils influenced by allelopathic rice variety. *Euro J. Soil Biol.* 45, 436–441.
- Gupta, V.V.S.R., Farrell, R.E., Germida, J.J., 1993. Activity of arylsulphatases in Saskatchewan soils. *Can. J. Soil Sci.* 73, 341–347.
- Kandeler, E., 1996. Nitrate. In: Schinner, F.O., Hlinger, R., Kandeler, E., Margesin, R. (Eds.), *Methods in Soil Biology*. Springer, Berlin, pp. 408–410.
- Kang, H., Kim, S. Y., & Freeman, C. (2013). Enzyme activities. In R. D. Delaune, K. R. Reddy, C. J. Richardson, & J. P. Megonigal (Eds.), *Methods in biogeochemistry of wetlands* (Book Ser., 10, pp. 373–384). SSSA. <https://doi.org/10.2136/sssabookser10.c19>
- Kertesz, M.A., Mirleau, P., 2004. The role of soil microbes in plant sulphur nutrition. *J. Exp. Bot.* 55, 1939–1945.
- Klose, S., & Tabatabai, M. A. (1991). Arylsulfatase activity of microbial biomass in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 63, 569–574. <https://doi.org/10.2136/sssaj1999.03615995006300030020x>
- Ladd, J.N., Jackson, R.B., 1982. Nitrogen in agricultural soils. *Am Soc. Agron* 173–228.
- Lenhard, G., 1956. The dehydrogenase activity in soil as a measure of the activity of soil microorganisms. *Z. Pflanzenernaehr. Dueng. Bodenk.* 73, 1–11.
- Liang, G., Wu, X., Cai, A., Dai, H., Zhou, L., Cai, D., Houssni, A., Gao, L., Wang, B., Li, S., Song, X., & Wu, H. (2021). Correlations among soil biochemical properties, crop yield, and soil respiration vary with growth stage and soil depth under fertilization. *Agronomy Journal*, 113, 2450–2462. <https://doi.org/10.1002/agj2.20699>

- Lupwayi, N. Z., Kanashero, D. A., Eastman, H. A., & Hao, X. (2018). Soil phospholipid fatty acid biomarkers and β -glucosidase activities after long-term manure and fertilizer applications. *Soil Science Society of America Journal*, 82, 343–353. <https://doi.org/10.2136/sssaj2017.09.0340>
- Martens, D. A., Johnson, J. B., & Frankenberger, W. T. Jr. (1992). Production and persistence of soil enzymes with repeated addition of organic residues. *Soil Science*, 153, 53–61. <https://doi.org/10.1097/00010694-199201000-00008>
- McGill, W.B., Colle, C.V., 1981. Comparative aspects of cycling of organic C, N, S and P through soil organic matter. *Geoderma* 26, 267–286.
- Meena, B.P., Shirale, A.O., Dotaniya, M.L., Jha, P., Meena, A.L., Biswas, A.K., Patra, A.K., 2016b. Conservation agriculture: a new paradigm for improving input use efficiency and crop productivity. In: Bisht, J.K., Meena, V.S.,
- Meena, V.S., Meena, S.K., Verma, J.P., Kumrar, A., Aeron, A., Mishra, P.K., Bisht, J.K., Pattanayaka, A., Naveed, M., Dotaniya, M.L., 2017. Plant beneficial rhizospheric microorganism (PBRM) strategies to improve nutrients use efficiency: a review. *Ecol. Eng.* 107, 8–32.
- Melero, S., Madejon, E., Herencia, J. H., & Ruiz, J. F. (2008). Effect of implementing organic farming on chemical and biochemical properties of an irrigated loam soil. *Agronomy Journal*, 100, 136–144. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0087>
- Mobley, H.L.T., Hausinger, R.P., 1989. Microbial urease: significance, regulation and molecular characterization. *Microbiol. Rev.* 53, 85–108.
- Nannipieri, P., 1994. The potential use of soil enzymes as indicators of productivity, sustainability and pollution. In: *Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems*. CSIRO, Adelaide.
- Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M. T., Landi, L., Pietramellara, G., & Renella, G. (2012). Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*, 63(1), 13–22.
- Nannipieri, P., Sequi, P., Fusi, P., 1996. Humus and enzyme activity. In: *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*. London, Elsevier Science.
- Perez-Guzman, L., Phillips, L. A., Acevedo, M. A., & Acosta-Martinez, V. (2020). Comparing biological methods for soil health assessments: EL-

- FAME, enzyme activities, and qPCR. *Soil Science Society of America Journal*, 85, 636–653. <https://doi.org/10.1002/saj2.20211>
- Perez-Guzman, L., Phillips, L. A., Seuradge, B. J., Agomoh, I., & Drury, C. F. (2021). An evaluation of biological soil health indicators in four long-term continuous agroecosystems in Canada. *Agrosystem, Geosciences & Environment*, 4, e20164. <https://doi.org/10.1002/agg2.20164>
- Perucci, P., 1992. Enzyme activity and microbial biomass in a field soil amended with municipal refuse. *Biol. Fert. Soils* 14, 54–60.
- Pettit, N.M., Smith, A.R.J., Freedman, R.B., Burns, R.G., 1976. Soil urease: activity, stability and kinetic properties. *Soil Biol. Biochem.* 8, 479–484.
- Reardon, C. L., Wuest, S. B., Melle, C. J., Klein, A. M., Williams, J. D., Barrodo, J., & Long, D. S. (2019). Soil microbial and chemical properties of a minimum and conventionally-tilled wheat-fallow system. *Soil Science Society of America Journal*, 83, 1100–1110. <https://doi.org/10.2136/sssaj2018.09.0344>
- Rokosch, A.E., Bouchard, V., Fennessy, S., & Dick, R.P. (2009). The use of soil parameters as indicators of soil quality in forested depressional wetlands. *Wetlands*, 29, 666–677. <https://doi.org/10.1672/08-150.1>
- Ross, D.J., 1975. Studies on a climosequence of soils in tussock grasslands-5: invertase and amylase activities of top-soils and their relationships with other properties. *N. Z. J. Sci.* 18, 511–518.
- Rotini, O.T., 1935. La trasformazione enzimatica dell'urea nel terreno. *Ann. Labor. Rice Ferm. Spallanrani* 3, 143–154.
- Sanchez, I. I., Fultz, L. M., Leffon, J. M., & Haggard, B. (2019). Soil biological responses to integration of cover crops and nitrogen rates in a conservation tillage corn production. *Soil Science Society of America Journal*, 83, 1356–1367. <https://doi.org/10.2136/sssaj2019.02.0051>
- Sarapatka, B., 2003. Phosphatase Activities (ACP, ALP) in Agroecosystem Soils. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala
- Simpson, J.R., Freney, J.R., 1988. Interacting processes in gaseous nitrogen loss from urea applied to flooded rice fields. In: Pushparajah, E., Husin, A., Bachik, A.T. (Eds.), *Proceedings of International Symposium on Urea Technology and Utilization*. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur, pp. 281–290.

- Sinsabaugh, R.L., Antibus, R.K., Linkins, A.E., McClaugherty, C.A., Rayburn, L., et al., 1993. Wood decomposition: nitrogen and phosphorus dynamics in relation to extracellular enzyme activity. *Ecology* 74 (5), 1586–1593.
- Stott, D. E., Andrews, S. S., Liebig, M. A., Wienhold, B. J., & Karlen, D. L. (2010). Evaluation of β -glucosidase activity as a soil quality indicator for the Soil Management Assessment Framework. *Soil Science Society of America Journal*, 74, 107–119. <https://doi.org/10.2136/sssaj2009.0029>
- Tabatabai, M. A. (1994). Soil enzymes. In R. W. Weaver et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis Part 2—Microbiological and Biochemical Properties* (pp. 775–833). Madison, WI: Soil Science Society of America.
- Tabatabai, M.A., 1982. Soil enzyme. In: Page, A.L., et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 903–948.
- Thoma, J.A., Spradlin, J.E., Dygerd, S., 1971. *Plant and Animal Amylases*. Academic, New York
- Trevors, J.T., 1984. Dehydrogenase activity in soil: a comparison between the INT and TTC assay. *Soil Biol. Biochem.* 16, 673–674.
- Turner, B.L., Hopkins, D.W., Haygartha, P.M., Ostlec, N., 2000. β -Glucosidase activity in pasture soils. *Appl. Soil Ecol.* 20, 157–162.
- Verstraete, W., & Voets, J. P. (1977). Soil microbial and biochemical characteristics in relation to soil management and fertility. *Soil Biology and Biochemistry*, 9, 253–258. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(77\)90031-1](https://doi.org/10.1016/0038-0717(77)90031-1)
- Vong, P.C., Dedourge, O., Lasserre-Joulin, F., Guckert, A., 2003. Immobilized-S, microbial biomass-S and soil arylsulphatase activity in the rhizosphere soil of rape and barley as affected by labile substrate C and N additions. *Soil Biol. Biochem.* 35, 1651–1661.
- Zantua, M.I., Bremner, J.M., 1977. Stability of urease in soils. *Soil Biol. Biochem.* 9, 135–140.

CHAPTER 4

INSECT FAUNA OF NORTHERN CYPRUS (I) LEPIDOPTERA

Celalettin GÖZÜAÇIK¹ Nazife ARAP² Ayda KONUKSAL³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15850474>

¹ Iğdır University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Iğdır, Türkiye ORCID ID: 0000-0002-5643-7663

² Department of Agriculture Plant Protection and Quarantine Branch, Lefkoşa, Turkish Republic of Northern Cyprus, ORCID ID: 0000-0002-1250-4447

³ Agricultural Research Institute, Lefkoşa, Turkish Republic of Northern Cyprus, Orcid ID: 0009-0007-4559-9271

INTRODUCTION

The Insecta class, which belongs to the Arthropoda phylum, is the most populous animal group in the world, with more than one million species (Price, 1997). Although insects are the most species-rich of all taxa of living organisms, they are quite difficult to identify. The number of described insect species is around 1,000,000, representing 56% of all known species on Earth (Groombridge, 1992). Reasonable estimates of the number of insects yet to be discovered range from 1 million to 30 million species (Erwin, 1982; 1991). Insects constitute the most diverse form of animal life in terrestrial ecosystems. Most species are harmless and essential components of natural ecosystems, but some species act as pests in agricultural areas or as predators and parasitoids of these pests. Since insects are poikilothermal, environmental factors, especially temperature and humidity, are extremely important on their basic physiology throughout their life cycle. They generally have short generation times, high fecundity and high mobility (Moore & Allard, 2008).

The island of Cyprus is located in the eastern Mediterranean Region with a surface area of 9251 km². The island is one of the most important regions in the world known as a "hot spot" in terms of biodiversity. The Turkish Republic of Northern Cyprus is very rich in terms of fauna and flora and contains many endemic species. Insects, which have an important place in the fauna, have been studied by local and foreign entomologists from time to time throughout the island. However, studies on the insect fauna of Northern Cyprus are limited and the insect inventory has not yet been created. Therefore, this study was undertaken and studies conducted between 1939-2019 were investigated.

Many species of the order Lepidoptera are economically important in forest and agricultural ecosystems. There are species classified as persistent pests that cause great economic losses, especially in agricultural products, and put producers in a difficult situation (Borror et. al. 1989). Butterflies do their damage while they are larvae (caterpillars). Adults, which feed on flower nectar and help with pollination, are generally not considered harmful (Çanakçıoğlu & Mol, 1993). Within the Insecta class, species in the Lepidoptera order are one of the most diverse insect orders in the animal kingdom, and according to Pechenik (2005), approximately 160 thousand species belonging to this order have been identified in the world. This number is 8300 species for Europe

(Karsholt & Razowski, 1996), 5577 species for Türkiye (Koçak & Kemal, 2018) and 880 species for the island of Cyprus (Anonymous, 2025).

This study aims to determine the Lepidoptera species found in different ecologies in Dipkarpaz, Gazimağusa, Girne, Güzelyurt, İskele, Lapta, Lefke, Lefkoşa regions of Northern Cyprus.

MATERIAL AND METHODS

The studies were carried out between 1939-2024 in the Dipkarpaz, Gazimağusa, Girne, Güzelyurt, İskele, Lapta, Lefke, Lefkoşa regions of Northern Cyprus. In this study, projects conducted in Northern Cyprus, doctoral and master's theses, books, published or unpublished entomology journals were reviewed and the information obtained was evaluated.

RESULTS AND DISCUSSION

Researches were carried out on species belonging to the order Lepidoptera in different ecosystems in the Dipkarpaz, Gazimağusa, Girne, Güzelyurt, İskele, Lapta, Lefke, Lefkoşa regions of Northern Cyprus between 1939-2024 years.

Thanks to these studies, 234 lepidopteran species belonging to 11 superfamilies and 22 families have been recorded in Northern Cyprus. These are listed below:

Superfamily: HESPERIOIDEA Latreille, 1809

Family: HESPERIIDAE Latreille, 1809

***Ochlodes venata* (Bremer & Grey, 1853)**

Distribution of the studies area: Güzelyurt (Ayberk, 2006).

***Thymelicus acteon* (Rottemburg, 1775)**

Distribution of the studies area: Güzelyurt (Ayberk, 2006). Host plant: (Hackman, 1954; John, 2000; Makris, 2002).

***Carcharodus alceae* (Esper, 1780)**

Distribution of the studies area: Girne, Güzelyurt, Lefkoşa, Gazimağosa (Georghiou, 1977; Ayberk, 2006). Host plant: *Dittrichia viscosa* and *Malva sylvestris* (Georghiou, 1977).

***Erynnis tages* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006).

***Pyrgus sidae* (Esper, [1784])**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006).

Superfamily: PAPILIONOIDEA Latreille, [1802]

Family: PAPILIONIDAE Latreille, [1802]

***Allancastris cerisyi* (Godart, 1824)**

Distribution of the studies area: Güzelyurt (Georghiou, 1977; John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006). Host plant: *Aristolachia sempervirens* (Georghiou, 1977; John, 2000; Makris, 2002).

***Zerynthia polyxena* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne (Ayberk, 2006).

***Iphiclides podalirius* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Papilio machaon* Linnaeus, 1758**

Distribution of the studies area: Dipkarpaz, Güzelyurt, Lefke (Hackman, 1954; John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006). Host plant: *Citrus limon*, *Dittrichia viscosa*, *Foeniculum vulgare*, *Onopordum cyprium* (Hackman, 1954; John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006).

Family: PIERIDAE Duponchel, [1835]

***Leptidea sinapis* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Güzelyurt, Lefke (Ayberk, 2006).

***Colias crocea* (Fourcroy, 1785)**

Distribution of the studies area: Lapta, Girne, Lefkoşa, Dipkarpaz (John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006). Host plant: *Astragalus lusitanicus*, *Hippocrepis multisiliquosa*, *Lotus corniculatus*, *Medicago sativa*, *Ononis spinosa* (Rebel, 1939; Hackman, 1954; John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006).

***Gonepteryx cleopatra* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Lapta, Girne, Güzelyurt (Hackman, 1954; John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006). Host plant: *Rhamnus oleoides* ve *Salvia fruticosa* (Hackman, 1954; John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006).

***Anthocharis cardamines* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Lapta, Girne, Güzelyurt, Lefkoşa (John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006). Host plant: *Alliaria petiolata*, *Biscutella didyma*, *Sisymbrium irio* (John, 2000; Makris, 2002).

***Aporia crataegi* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006). Host plant: *Crataegus azarolus* (Makris, 2002; Ayberk, 2006).

***Euchloe ausonia* (Hübner, 1804)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006). Host plant: *Hirschfeldia incana* ve *Sinapis alba* (John, 2000; Makris, 2002).

***Pieris brassicae* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, Güzelyurt, İskele, Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: *Brassica rapa*, *Capparis spinosa* (Georghiou, 1977; John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006).

***Pieris napi* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006).

***Pieris rapae* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006). Host plant: *Capparis spinosa*, *Sinapis alba* (Ayberk, 2006).

***Pontia edusa* (Fabricius, 1777)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006). Host plant: *Sinapis alba*, *Erucaria hispanica*, *Reseda lutea*, *Sisymbrium orientale* üzerinde tespit edilmiştir (John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006).

Family: LYCAENIDAE Leach, [1815]

***Callophrys rubi* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006).

***Neozephyrus quercus* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Satyrium ilicis* (Esper, 1779)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Lycaena phlaeas* (Linnaeus, 1761)**

Distribution of the studies area: Girne, İskele (Ayberk, 2006). Host plant: *Helichrysum* spp., *Rubus sanctus*, *Rumex cristatus*, *R. cyprius* (John, 2000; Makris, 2002).

***Aricia agestis* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006). Host plant: *Cistus creticus*, *Erodium ciconium*, *Rubus sanctus* (Georghiou, 1977; John, 2000; Makris, 2002).

***Celastrina argiolus* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Güzelyurt, Lefke (Ayberk, 2006). Host plant: *Genista* spp., *Hedera helix* (John, 2000; Makris, 2002).

***Lampides boeticus* (Linnaeus, 1767)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006). Host plant: *Medicago sativa* (John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006).

***Polyommatus icarus* (Rottemburg, 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: *Medicago sativa*, *Ononis spinosa* (Georgiou, 1977; John, 2000; Makris, 2002).

Family: SATYRIDAE Boisduval, 1833

***Coenonympha arcania* (Linnaeus, 1761)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006).

***Coenonympha pamphilus* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006).

***Hipparchia syriaca* (Staudinger, 1871)**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006). Distribution of the studies area: Girne, Lefkoşa (John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006). Host plant: Poaceae (John, 2000; Makris, 2002).

***Kirinia roxelana* (Cramer, 1777)**

Distribution of the studies area: Girne, Lefkoşa (John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006). Host plant: *Poa annua* (Ayberk, 2006).

***Lasiommata megera* (Linnaeus, 1767)**

Distribution of the studies area: Girne, Lefkoşa (John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006). Host plant: Poaceae (Ayberk, 2006).

***Maniola jurtina* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa (Ayberk, 2006).

***Melanargia galathea* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006).

***Pararge aegeria* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Güzelyurt, Girne (Georghiou, 1977; John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006).

***Pseudochazara lydia* (Staudinger, 1878)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

Family: NYMPHALIDAE Swainson, 1827

***Limenitis reducta* Staudinger, 1901**

Distribution of the studies area: Girne, Gazimağusa (John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006). Host plant: *Lonicera etrusca*, *Rubus sanctus* (John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006).

***Inachis io* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Melitaea didyma* (Esper, 1779)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa (Ayberk, 2006).

***Melitaea trivia* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa (Ayberk, 2006).

***Nymphalis polychloros* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006). Host plant: *Crataegus monogyna*, *Populus nigra*, *Prunus domestica*, *Pyrus communis*, *Salix alba* (John, 2000; Makris, 2002).

***Polygonia c-album* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Vanessa atalanta* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: *Urtica urens* (John, 2000; Makris, 2002; Ayberk, 2006).

***Vanessa cardui* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: *Medicago sativa*, *Onopordum cyprium* (Ayberk, 2006; Gözüaçık et al., 2019).

***Argynnis pandora* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006). Host plant: *Cirsium vulgare*, *Onopordum cyprium* (John, 2000; Makris, 2002).

***Argynnis paphia* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Brenthis daphne* (Bergstrasser, 1780)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Issoria lathonia* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Speyeria aglaja* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Charaxes jasius* (Linnaeus, 1767)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006). Host plant: *Arbutus andrachne* (John, 2000; Makris, 2002).

Superfamily: ZYGAENOIDEA Latreille, 1809

Family: ZYGAEENIDAE Latreille, 1809

***Zygaena filipendulae* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006).

Superfamily: COSSOIDEA Leach, [1815]

Family: COSSIDAE Leach, [1815]

***Zeuzera pyrina* (Linnaeus, 1761)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006). Host plant: *Malus* spp., *Olea europaea* (Iordanou, 1972; Georghiou, 1977).

Superfamily: TORTRICOIDEA Latreille, [1803]

Family: TORTRICIDAE Latreille, [1803]

***Cnephasia pumicana* (Zeller, 1847)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Güzelyurt (Konuksal et al., 2017).

***Tortrix viridana* Linnaeus, 1758**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne (Ayberk, 2006).

***Rhyacionia buoliana* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006). Host plant: *Pinus brutia* ve *P. nigra* (Sekendiz, 1980; Tsankov, 1981; Ayberk, 2006).

Superfamily: PYRALOIDEA Latreille, 1809

Family: PYRALIDAE Latreille, 1809

***Nomophila noctuella* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa (Ayberk, 2006). Host plant: *Medicago sativa*, *Poa pratensis*, *Trifolium* sp. (Hackman, 1954)

***Pleuroptya ruralis* (Scopoli, 1763)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa (Ayberk, 2006).

***Endotricha flammealis* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006).

***Ephestia kuehniella* Zeller, 1879**

Distribution of the studies area: Lefkoşa, Gazimağusa (Gözüaçık et al., 2015). Host plant: Stored barley

***Pyralis farinalis* Linnaeus, 1758**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006).

***Dioryctria abietella* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006). Host plant: *Pinus brutia* (Georghiou, 1977).

***Dioryctria mendacella* (Staudinger, 1859)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006). Host plant: *Pinus brutia* (Georghiou, 1977; Ayberk, 2006).

Superfamily: BOMBYCOIDEA Latreille, [1803]

Family: LASIOCAMPIDAE Harris, 1841

***Lasiocampa trifolii* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: Graminae (Georghiou, 1977).

***Pachypasa otus* (Drury, 1773)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: *Cupressus sempervirens* (Georghiou, 1977).

Family: SATURNIIDAE Boisduval, 1837

***Saturnia pavonia* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006).

***Saturnia pyri* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**

Distribution of the studies area: Güzelyurt (Ayberk, 2006).

Superfamily: GEOMETROIDEA Leach, [1815]

Family: GEOMETRIDAE Leach, [1815]

***Idaea ochrata* (Scopoli, 1763)**

Distribution of the studies area: Güzelyurt (Ayberk, 2006).

***Scopula nigropunctata* (Hufnagel, 1767)**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006).

***Ematurga atomaria* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Güzelyurt (Ayberk, 2006).

***Ennomos quercaria* (Hübner, [1813])**

Distribution of the studies area: Gazimağusa (Ayberk, 2006).

***Colotois pennaria* (Linnaeus, 1761)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa (Ayberk, 2006). Host plant: *Prunus padus* (Ayberk, 2006).

***Nychiodes waltheri* Wagner, 1919**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006).

***Peribatodes secundaria* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006).

***Selenia lunularia* (Hübner, 1788)**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006).

***Camptogramma bilineata* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: *Rumex* spp., *Taraxacum officinale* (Hackman, 1954; Ayberk, 2006).

***Epirrita dilutata* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa (Ayberk, 2006).

***Myinodes shohami* Hausmann, 1994**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz, Güzelyurt (Doğanlar and Arap, 2005).

***Pseudoterpna coronillaria* (Hübner, 1817)**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz (Doğanlar and Arap, 2005).

***Proteuchloris neriaria* (Herrich-Schäffer, 1852)**

Distribution of the studies area: Girne, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Culpinia prouti* (Thierry-Mieg, 1913)**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz (Doğanlar and Arap, 2005).

***Phaiogramma etruscaria* (Zeller, 1849)**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz, Gazimağusa, Girne, Lefke, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Microloxia herbaria* (Hübner, 1813)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Idaea intermedia* (Staudinger, 1879)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Idaea flicata* (Hübner, 1799)**

Distribution of the studies area: Girne, Lefke, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Idaea politaria* (Hübner, 1799)**

Distribution of the studies area: Girne, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Idaea textaria* (Lederer, 1861)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, Lefke (Doğanlar and Arap, 2005).

***Idaea trigeminata* (Haworth, 1809)**

Distribution of the studies area: Girne, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Idaea distinctaria* (Boisduval, 1840)**

Distribution of the studies area: Girne, Lefke (Doğanlar and Arap, 2005).

***Idaea degeneraria* (Hübner, 1799)**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz (Doğanlar and Arap, 2005).

***Scopula submutata* (Treitschke, 1828)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke (Doğanlar and Arap, 2005).

***Scopula luridata* (Zeller, 1847)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, Lefke (Doğanlar and Arap, 2005).

***Scopula imitaria* (Hübner, 1799)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, İskele, Lefke (Doğanlar and Arap, 2005).

***Scopula marginepunctata* (Goeze, 1781)**

Distribution of the studies area: Lefke (Doğanlar and Arap, 2005).

***Scopula minorata* (Boisduval, 1833)**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz, Gazimağusa, Girne, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Problepsis ocellata* (Frivaldszky, 1845)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Rhodostrophia cypriaria* (Rebel, 1916)**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz, Gazimağusa (Doğanlar and Arap, 2005).

***Cyclophora puppillaria* (Hübner, 1799)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Rhometra sacraria* (Linnaeus, 1767)**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz, Gazimağusa, Girne, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Orthonama obstipata* (Fabricius, 1794)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, Lefke (Doğanlar and Arap, 2005).

***Xanthorhoe fluctuata* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz, Gazimağusa, Girne (Doğanlar and Arap, 2005).

***Catarhoe hortulanaria* (Staudinger, 1879)**

Distribution of the studies area: Girne (Doğanlar and Arap, 2005).

***Protorhoe corollaria* (Herrich-Schäffer, 1848)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa (Doğanlar and Arap, 2005).

***Larentia clavaria* (Haworth, 1809)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Antilurga adlata* (Staudinger, 1895)**

Distribution of the studies area: Girne (Doğanlar and Arap, 2005).

***Nebula ablutaria* (Boisduval, 1840)**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz, İskele, Lefke (Doğanlar and Arap, 2005).

***Chesias rhegmatica* Prout, 1937**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz (Doğanlar and Arap, 2005).

***Lithostege palaestinensis* Amsel, 1935**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz, Gazimağusa, Girne, Lefke (Doğanlar and Arap, 2005).

***Chiasmia aestimaria* (Hübner, 1809)**

Distribution of the studies area: İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Chiasmia syriacaria* (Staudinger, 1871)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, İskele, Lefke (Doğanlar and Arap, 2005).

***Neognopharmia stevenaria* (Boisduval, 1840)**

Distribution of the studies area: Girne (Doğanlar and Arap, 2005).

***Crocallis cypriaca* Fischer, 2003**

Distribution of the studies area: İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Eumera mulier* Prout, 1929**

Distribution of the studies area: Girne (Doğanlar and Arap, 2005).

***Dasycorsa modesta* Staudinger, 1879**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Apochima flabellaria* (Heeger, 1838)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Agriopsis bajaria* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz (Doğanlar and Arap, 2005).

***Menophra trypanaria* (Wiltshire, 1948)**

Distribution of the studies area: Girne (Doğanlar and Arap, 2005).

***Peribatodes rhomboidaria* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz, Gazimağusa, Girne (Doğanlar and Arap, 2005).

***Peribatodes correptaria* (Zeller, 1847)**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz, Gazimağusa (Doğanlar and Arap, 2005).

***Selidosema tamsi* Rebel, 1939**

Distribution of the studies area: İskele (Doğanlar and Arap, 2005).

***Ascotis selenaria* (Denis&Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Lefke (Doğanlar and Arap, 2005).

***Gnophos (Dicrognophos) sartata* Treitschke, 1827**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz, Gazimağusa, Girne (Doğanlar and Arap, 2005).

***Dyscia simplicaria* (Rebel, 1939)**

Distribution of the studies area: Dip Karpaz (Doğanlar and Arap, 2005).

***Aspitates ochrearia* (Rossi, 1794)**

Distribution of the studies area: Girne (Doğanlar and Arap, 2005).

Superfamily: GELECHİOİDEA Stainton, 1854

Family: GELECHİİDAE Stainton, 1854

***Scrobipalpa chardonnayi* Huemer and Özden, sp. nov.**

Distribution of the studies area: Girne, İskele (Huemer & Özden, 2024).

Host plant: *Solanum lycopersicum* L.

***Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa, Gazimağusa (Gözüaçık et al., 2015). Host plant: Stored barley

***Tuta Absoluta* (Meyrick, 1917)**

Distribution of the studies area: Girne, Güzelyurt (Helvacı, 2020). Host plant: unknown

Family: Scythrididae Rebel, 1901

***Syringopais temperatella* Lederer 1855**

Distribution of the studies area: the whole North Cyprus (Georghiou, 1977; Konuksal et al., 2017). Host plant: *Hordeum vulgare* L., *Triticum* spp. (Konuksal et al., 2017).

Superfamily: TORTRICOIDEA Latreille, 1803

Family: TORTRICIDAE Latreille, 1803

***Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: All vineyard areas (Lucchi and Scaramozzino, 2018). Host plant: *Vitis vinifera* L. (Lucchi and Scaramozzino, 2018).

Superfamily: SPHINGOIDEA Latreille, [1802]

Family: SPHINGIDAE Latreille, [1802]

***Daphnis nerii* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: *Nerium oleander* (Georghiou, 1977).

***Hyles livornica* (Esper, 1780)**

Distribution of the studies area: Girne, Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: *Vitis vinifera*, *Acacia cyanophylla* (Ayberk, 2006).

***Hyles nicaea* (de Prunner, 1798)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006).

***Macroglossum stellatarum* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Girne, Lefkoşa (Ayberk, 2006).

***Agrius convolvuli* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: *Convolvulus arvensis* (Georghiou, 1977).

***Laothoe populi* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006).

Superfamily: NOCTUOIDEA Latreille, 1809

Family: THAUMETOPOEIDAE Aurivillus, 1889

***Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller, 1775**

Distribution of the studies area: the whole island. (Anonymous, 2019).

***Traumatocampa wilkinsoni* (Tams, 1924)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, Güzelyurt, İskele, Lefke, Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: *Pinus brutia*, *Pinus* spp. (Furth and Halperin, 1979; Ayberk, 2006).

Family: LYMANTRIIDAE Hampson, [1893]

***Calliteara pudibunda* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa (Ayberk, 2006). Host plant: *Vaccinium myrtillus* (Ayberk, 2006).

***Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Girne, Güzelyurt, Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: *Quercus* spp. (Ayberk, 2006).

Family: ARCTIIDAE Leach, [1815]

***Epicallia villica* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Eucharhia hebe* (Hufnagel, 1766)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa (Ayberk, 2006).

***Euplagia quadripunctaria* (Poda, 1761)**

Distribution of the studies area: Güzelyurt (Ayberk, 2006).

***Phragmatobia placida* (Frivaldszky, 1835)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Spilosoma lubricipedium* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Güzelyurt (Ayberk, 2006).

***Spiris striata* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa (Ayberk, 2006).

***Syntomis phegea* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa (Ayberk, 2006).

Family: NOCTUIDAE Latreille, 1809

***Agrotis biconica* Kollar, [1844]**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Agrotis exclamationis* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Agrotis puta* (Hübner, [1803])**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Agrotis crassa* Hübner, 1803**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Agrotis cinerea* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele, Lefkoşa (Arap, 2004; Ayberk, 2006). Host plant: *Portulaca oleracea* (Georghiou, 1977).

***Agrotis segetum* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele, Güzelyurt (Arap, 2004; Ayberk, 2006).

***Agrotis trux* (Hübner, [1824])**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Euxoa agricola* Boisduval, 1829**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Euschesis janthina* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**

Distribution of the studies area: Güzelyurt (Ayberk, 2006).

***Lycophotia molothina* (Esper, [1789])**

Distribution of the studies area: Güzelyurt (Ayberk, 2006).

***Noctua fimbriata* Schreber, 1759**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Noctua orbona* (Hufnagel, 1766)**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006).

***Noctua pronuba* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Güzelyurt, Lefke, Lefkoşa
Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004; Ayberk, 2006).

***Noctua janthina* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Noctua wareni* Lödl, 1837**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Peridroma saucia* (Hübner, [1808])**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Xestia castanea* (Esper, [1798])**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Xestia xanthographa* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Discestra trifolii* (Hufnagel, 1766)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Discestra dianthi* (Tauscher, 1809)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Lacanobia w-latinum* (Hufnagel, 1766)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Hecatera bicolorata* (Hufnagel, 1766)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Hecatera dysodea* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Hadena compta* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Aletia vitellina* (Hübner, 1808)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Aletia l-album* (Linnaeus, 1767)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Aletia alopecuri* Boisduval, 1840**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Mythimna (Pseudaletia) unipuncta* (Haworth, 1809)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Leucania putrescens* (Hübner, [1824])**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Cucullia umbratica* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Cleonymia opposita* (Lederer, 1870)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Episema korsakovi* (Christoph, 1885)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Episema kuorion* Nilsson, Svendsen & Fibiger, 1999**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Aporophyla australis* (Boisduval, 1829)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Aporophyla nigra* Haworth, 1809**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Mniotype leuconata* Her. -Schaf.**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Polymixis (Myxinia) flavicincta* (Denis & Schiffermüller), 1775**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Agrochola lychnidis* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Triaena tridens* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Acronicta (Viminia) rumicis* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Amphipyra micans* Lederer, 1857**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Polyphaenis subsericata* Herrich-Schaffer, 1861**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Phlogophora meticulosa* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Actinotia hyperici* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Apamea sicula syriaca* (Osthelder, 1993)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Luperina dumerilii* (Duponchel, 1826)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Luperina dumerilii hirsuta* Wagner, 1931**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Oria musculosa* (Hübner, 1808)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Paradrina clavipalpis* (Scopoli, 1763)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Hoplodrina ambigua* (Denis & Schiffermüller, 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Spodoptera exigua* (Hübner, 1808)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Spodoptera ciliun* (Guenée, 1852)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Sesamia nonagrioides* Lefebvre, 1827**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Aegle vespertalis* (Hübner, 1813)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Heliothis armigera* (Hübner, 1805)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Heliothis nubigera* Herrich-Schäffer, 1851**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, İskele (Arap, 2004).

***Heliothis peltigera* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Güzelyurt, Lefke, Lefkoşa, Girne, İskele (Arap, 2004; Ayberk, 2006). Host plant: *Helianthus annuus* (Ayberk, 2006).

***Emmelia trabealis* (Scopoli, 1763)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Acontia lucida* (Hufnagel, 1766)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Autographa gamma* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Güzelyurt, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004; Ayberk, 2006). Host plant: *Lettuce* and *Anise* (Georghiou, 1977).

***Cornutiplusia circumflexa* (Linnaeus, 1767)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Trichoplusia ni* (Hübner, 1803)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Chrysodeixis chalcites* (Esper, 1789)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Aedia funesta* (Esper, [1786])**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

***Callopistria juvenina* (Stoll, 1782)**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006).

***Melanchra persicariae* (Linnaeus, 1761)**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006). Host plant: *Urtica dioica* (Ayberk, 2006).

***Amphipyra pyramidea* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006).

***Catocala elocata* (Esper, [1787])**

Distribution of the studies area: Güzelyurt (Ayberk, 2006). Host plant: *Populus nigra* (Georghiou, 1977).

***Dysgonia algira* (Linnaeus, 1767)**

Distribution of the studies area: Güzelyurt, Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: *Morus nigra* (Ayberk, 2006).

***Conistra rubiginea* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**

Distribution of the studies area: Lefkoşa (Ayberk, 2006).

***Tyta luctuosa* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**

Distribution of the studies area: İskele (Ayberk, 2006).

***Acronicta aceris* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Güzelyurt (Ayberk, 2006).

***Acronicta psi* (Linnaeus, 1758)**

Distribution of the studies area: Girne, Lefkoşa (Ayberk, 2006). Host plant: *Malus* ve *Rosa* (Georghiou, 1977).

Family: EREBIDAE Leach, [1815]

***Metachrostis velocior* (Staudinger, 1892)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Eublemma ostrina* (Hübner, 1808)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Catocala conversa* Esper, 1783**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Ophiusa tirhaca* (Cramer, [1777])**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Dysgonia algira* Linnaeus, 1767**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Prodotis stolidus* (Fabricius, 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Pericima albidentaria* (Freyer, 1842)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Drasteria cailino* (Lefèbvre, 1827)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Tyta luctuosa* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Tathorhynchus exsiccata* (Lederer, 1853)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

***Zethes insularis* Rambur, 1833**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

Family: NOLIDAE Bruand, 1847

***Bena bicolorana* (Fuesslin, 1775)**

Distribution of the studies area: Girne (Ayberk, 2006).

Family: EUTELIIDAE Grote, 1882

***Eutelia adulatrix* (Hübner, 1813)**

Distribution of the studies area: Gazimağusa, Lefke, Girne, Dikmen, İskele (Arap, 2004).

REFERENCES

- Anonymous, 2019. https://botanik.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/botanik/exkursion_i/2019_Nordzypern/2019_09_Fauna_of_Cyprus_overview.pdf
- Anonymous, 2025. Terrestrial Arthropods of Cyprus. <https://cyarthros.myspecies.info/content/checklist#table2> (Access to: 25.05.2025)
- Arap, N., 2004. Kuzey Kıbrıs Noctuidae (Lepidoptera) familyası üzerinde faunistik araştırmaları . Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Bitki Koruma Ana Bilim Dalı Adana, 142 s.
- Ayberk, H., 2006. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Ormanları'nın Lepidoptera Türleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul, 181 s.
- Borror, D. J., Triplehorn, C. A. & Johnson, N. F., 1989. An Introduction to the Study of Insects. — Saunders College Publishing, New York, 875 pp.
- Can Doğanlar, F. & Arap, N., 2005. On the geometrid moths (Lepidoptera) of northern Cyprus, including three new records, Zoology in the Middle East, 35:1, 79-86, DOI: [10.1080/09397140.2005.10638106](https://doi.org/10.1080/09397140.2005.10638106)
- Çanakçıoğlu, H., Mol, T. 1993. Orman Entomolojisi, Zararlı ve Yararlı Böcekler. İ.Ü. Orman Fak. Yayınları. İ.Ü. Yayın No: 4063. Orman Fak. Yay. No: 451. ISBN: 975-404-487-2. İstanbul. 541 sayfa.
- Erwin, T. L. 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. Coleopterists Bulletin, 36: 74-75.
- Erwin, T. L. 1991. How many species are there? Revista Conservation Biology, 5: 1-4.
- Furth, D. G. & Halperin, G., 1979. Observations on the phenology and biogeography of *Thaumetopoea jordana* (Stgr.), Israel J. Ent., 13:1-11.
- Georgiou, G. P., 1977. The Insects and Mites of Cyprus with Emphasis on Species of Economic Importance to Agriculture, Forestry, Man and Domestic Animals, Benaki Phytopathological Institute Kiphissia, Athens, Greece, 347 s.
- Gözüaıcık C., Güllü, M., Konuksal, A., Yücel, A. 2015. Conference: 2ND International Symposium For Agriculture And Food 7-9 October 2015 Ohrid, Republic of Macedonia At: Ohrid, Republic of Macedonia

- Gözüaçık, C., Konuksal A., Karaca, C. 2019. A New Pest on Alfalfa in Northern Cyprus: *Vanessa cardui* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae). Agricultural Congress of Mus Plain, September 24-27.
- Groombridge, B. (ed.) 1992. Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources. Chapman and Hall, London, 585 pp.
- Hackman, W., 1954. Part IX. Lepidoptera, On the Insect Fauna of Cyprus, Results of the expedition of 1939 by Harald, Hakan and P.H. Lindberg, Societas Scientiarum Fennica, Commentationes Biologicae, 13(8): 1-9.
- Helvacı, M., 2020. Determination of tomato leafminer (*Tuta absoluta*) population in open field and greenhouse tomato growing areas on Turkish Republic of Northern Cyprus. International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences, 4(1), 107-110.
- Huemer, P. & Özden, Ö., 2024, *Scrobipalpa chardonnayi* Huemer and Özden, sp. nov.: a new presumably endemic species from Cyprus (Lepidoptera, Gelechiidae), Zootaxa 5523 (4), pp. 437-447.
- John, E., 2000. Butterflies of Cyprus 1998 (Records of a year's sightings), The Amateur Entomologists' Society, Pamphlet No. 15, Cravitz Printing Co Ltd., Essex, 46 s., ISBN 0 900054 65 4.
- Iordanaou, N.T., 1972. Chemicals for the control of leopard moth, *Zeuzera pyrina* L., and their effect against codling moth, *Carpocapsa pomonella* L., on apple trees in Cyprus, Technical Paper 2, 11p.
- Lucchi, A., Scaramozzino, P. L., 2018. *Lobesia botrana* (European grapevine moth), <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.42794> (Access to: 25.05.2025)
- Karsholt, O., and Razowski, J., 1996. The Lepidoptera of Europe A Distributional Checklist. Apollo Books. Denmark, 380 pp.
- Koçak, A. Ö., Kemal, M., 2018. A synonymous and distributional list of the species of the Lepidoptera of Turkey. Miscellaneous Papers Centre for Entomological Studies, 8: 1-489.
- Konuksal, A., Hekimhan, H., Gözüaçık, C., Güllü, M., Fidan, H., Değirmenci, R., Karaca, C., 2017. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Tahıl Alanlarındaki Zararlı Böcek, Nematod, Hastalık Ve Yabancı Otların Tespiti, Önemli Olanların Biyo Ekolojileri ve Mücadelesi Üzerinde Araştırmalar. Proje Sonuç Raporu. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti,

- Tarım ve Doğal Kaynaklar Bakanlığı, Lefkoşa Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 157 s.
- Makris, C., 2002. Butterflies of Cyprus (Greek Edition), Bank of Cyprus Cultural Foundation, Nicosia, ISBN 9963-42-810-X, 329 s.
- Moore, B. & Allard, G., 2008. Climate change impacts on forest health. Forest Health and Biosecurity Working Paper FBS/34E. Rome, FAO. Pechenik, J. A., 2005.– Biology of the Invertebrates, 10: V + 590 pp. McGraw-Hill Higher Education.
- Rebel, H., 1939. Zur Lepidopterenfauna Cyperns, Mitt. Munch. Ent. Ges., 29(4): 487.
- Price, P. W., 1997. Insect Ecology. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Sekendiz, O.A., 1980. Kıbrıs Türk Federe Devleti Ormanları'nın Önemli Orman Böcekleri ve Orman Entomolojisi Sorunları, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Trabzon, 64 s.
- Tsankov, G., 1981. The egg-parasites of *Thaumetopoea pityocampa* and *Rhyacionia buoliana*, and the possibility of using them in biological control, Gorskostopanska Nauka, (18): 28-35.

BÖLÜM 5

MURAT NEHRİ HAVZASI REHABİLİTASYON PROJESİ KAPSAMINDA BİNGÖL İLİ GENÇ İLÇESİNDE YAPILAN BAZI MİKRO HAVZA PROJELERİNİN VERİMLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Hayrettin DANIŞ¹, Ali Rıza DEMİRKİRAN²,
Alaaddin YÜKSEL³ ve Ahmet USLU⁴

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15850481>

¹ Genç Kaymakamlığı, Bingöl, mail: hayrettindanis@hotmail.com, ORCID: 0009-0004-0893-2707

² Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bingöl mail: ademirkiran@bingol.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0086-0137

³ Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bingöl mail: ayuksel@bingol.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4760-1092

⁴ Bingöl Üniversitesi SBMYO Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Bingöl mail: ahmetuslu@bingol.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0273-0069

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu bir yandan sürekli artış gösterirken diğer yandan yaşam standartları yükselen insanoğlunun başta beslenme olmak üzere ihtiyaçları çeşitlenerek artmaktadır. Artan nüfusu beslemek için de tarımsal üretimin (bitkisel ve hayvansal) artmasının gerektiği belirtilmektedir (FAO 2015). Tarımsal üretim yönüyle son derece büyük bir çeşitliliğe sahip olan ülkemiz ihtiyaç duyduğu hemen hemen bütün gıda maddelerini kendi olanaklarıyla karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Ancak bu durumun mevcut potansiyelimizi dengeli ve planlı kullanarak devam ettirilebileceği de göz ardı edilmemelidir (Ertugay vd. 1994; Demirkıran ve Cengiz 2010).

IFAD (International Fund for Agricultural Development, Uluslararası Tarımsal Kalkınma Fonu) tarafından desteklenen Murat Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi (MNHRP) incelendiğinde; üst mikrohavzalarda yaşayan bireylerin sürdürülebilir ve daha entansif bir tarım anlayışıyla su ve toprak kaynaklarının etkinlikle iyileştirileceği ve bu yolla havza halkının refah düzeyinin artacağı anlaşılmaktadır. Proje içeriğinde yer alan yatırımlar, yoksul yöre halkının kullanımına açık arazinin ekonomik taşıma kapasitesinin artırılmasının yanında, üst havza yerleşimlerdeki özel ve paylaşılan yaşam şartlarını iyileştirilmesi ile beraber aşağı havzada sel ve sedimentasyonun olumsuz etkilerin azaltılması yer almaktadır (Baydaş vd. 2018).

Bingöl ovasında yer alan toprakları inceleyen Demir (2016), Bingöl ovasının genel olarak kolüvyal ve alüvyal ana materyal üzerinde meydana gelen depozitlerden oluştuğunu belirtmiş, alanın etek, vadi ile ova olmak üzere üç ayrı fizyografik ünite içerdiğini saptamıştır. Bingöl-Solhan ilçesi tarım arazilerinin genel olarak verimlilik durumlarını inceleyen çalışmalarda, toprakların tuzsuz, organik maddece yetersiz, az kireçli ve nötr pH'ya sahip oldukları bildirilmiştir (Katanalp 2018; Alp ve Demirkıran 2025). Bingöl sahip olduğu çayır ve mera alanları açısından Türkiye ortalamasının yaklaşık 2,3'ü kadardır. Yörede yoğun olarak hayvancılık yapılmakta ve üreticilerin eğitim seviyeleri genellikle düşüktür. Hayvancılık genel olarak geleneksel yöntemlerle sürdürülmekte, meralar bilinçsizce kullanılmakta ve aşırı otlatma sonucu meralarda oluşan tahribatların hayvancılığı olumsuz etkilediğini bildirilmektedir (Baydaş vd. 2018).

Bingöl ili Yamaç Mikro havzasının havza karakteristikleri ve bazı toprak özelliklerini inceleyen Enes (2016), çalışma alanının topraklarında drenaj probleminin olmadığı, toprakların tuzsuz ve çoğunlukla kireçsiz olduğu, toprakların organik madde bakımından orta düzeyde bulunduğu, pH'nın ise nötr civarında olduğunu belirlemiştir. Çakar (2020) Bingöl ili Arduşen, Erdemli, Yamaç ve Yeşilköy mikro-havzalarını (Murat Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi) incelemiştir. Çiftçilere yönelik yayım faaliyetlerinin yetersiz kaldığı, yörede sertifikalı fidan veya tohum kullanılmadığı, ekolojik koşullara uygun tür ve çeşitlerin seçilmediği, bitki koruma (hastalık ve zararlılar) tedbirlerinin yeterince alınmadığı, sulama ve gübrelemenin bilinçli yapılmadığı belirtilmiştir. Değişik araştırmacılar tarafından Bingöl ilinde havzalarda yürütülen anket çalışmalarında bitkisel üretim ve gübreleme konusunda çiftçilere yönelik yayım faaliyetlerinin yetersiz kaldığı ve bilgilendirme çalışmalarının yapılması gerektiği belirtilmiştir (Bilinmiş 2016; Baydaş vd. 2018; Çakar 2020). Baydaş vd. (2018) Bingöl ili bazı mikrohavzalarında uygulanan projelerden faydalanan halkın memnuniyet düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Anket sonuçlarına göre yöre halkının bölgede uygulanan MuratNehri Havzası Rehabilitasyon Projesi'nin (MNHRP) genel olarak memnuniyet ile karşılandığı tespit edilmiştir. Uslu vd. (2024) araştırmalarında; Bingöl, Elâzığ ve Muş illerinde yer alan mikro havzalarda uygulanan projelerden faydalanan yöre halkının memnuniyet düzeyini belirlenmeye çalışmışlardır. Araştırma bulgularına göre; genel olarak katılımcıların proje faaliyetlerinden memnun oldukları tespit edilmiştir. Yapılan uyum analizi sonuçlarına göre; projenin iş bulma veya çalışma koşullarını iyileştirmede gelir değişimi daha yüksek ve aynı olan yöre halkı üzerinde olumlu etkisi olurken, gelir değişimi daha az olan yöre halkı için olumsuz etkisi olmuştur. Hayvancılıkla uğraşanlar ve satış için araziye ekenlerin projenin iş bulma veya çalışma koşullarını iyileştirmeye etkisi olumlu olmuştur. Araziyi kendi tüketimi için ekenler, yüksek değerli ürün yetiştirmeyenler ve verim artışı sağlayamayanların projenin iş bulma veya çalışma koşullarını iyileştirmeye etkisi olumsuz olmuştur. Bingöl'de yaşayan orta halli yöre halkının projenin iş bulma veya çalışma koşullarını iyileştirmeye etkisi olumlu olmuştur. Bu çalışmada, Bingöl ili Genç ilçesindeki Lediz ve Vahkin-Çanakçı mikrohavzalarında yaşayanların genel durumu ve yapılan projelerden memnun olma durumları belirlenmeye çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Bingöl ili ve Genç ilçesinin Genel Özellikleri

Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan Bingöl, ortalama olarak 1745 m yükseltiye sahip olup, ilin yer şekillerini dağlık alanlar, platolar, vadiler, ova ve havzalar oluşturmaktadır (Avcı vd. 2018). Bingöl ili Merkez ilçesi dışında 7 ilçeye (Adaklı, Genç, Karlıova, Kiğı, Solhan, Yayladere ve Yedisu) sahiptir. Bingöl sınırları içerisinde kalan arazi oldukça engebeli olup ilde dağlar ve tepelikler geniş bir yer kaplar. Bingöl merkez ovası dışında il sınırları içerisinde Genç, Karlıova ve Sancak gibi nispeten daha küçük ovalar da mevcuttur. Bingöl hidrografik açıdan Fırat ve Aras Nehirlerine ait su toplama alanı içerisinde bulunmaktadır. Doğu Anadolu bölgesinin en zengin ormanlık alanlarına sahip İller arasında yer alan Bingöl ilinde; genel olarak meşe ormanları yaygındır. İl genelinde meşe ormanları 1900 m yüksekliğe kadar yayılım göstermektedirler (Anonim 2020). Bingöl ili genelinde çalılık/fundalıkların geniş bir alan kapladığı görülmektedir. Ayrıca ilde intrazonal toprak grubu içerisinde yer alan bazaltik toprakların geniş bir alan kaplamaktadır. Ana kayanın oluşumunda rol oynadığı bu topraklar alansal olarak %35,2 ile en geniş alansal dağılıma sahiptir (Avcı vd. 2018). Bingöl İli genelinde toplam arazisi varlığı 812.537 hektardır. Bu arazinin yarısından fazlası (%51) mera niteliğinde olup geri kalan arazinin %27,92'si orman, %10,25'i ağaçlandırma alanı, %2,2'si çayır ve %1,3'ü diğer kategorisinde yer almaktadır. İlde tarım arazileri ise toplam arazinin yaklaşık olarak %7,28'ine karşılık gelmektedir. Bu doğal varlık ili hayvancılık için elverişli hale getirmektedir. (Anonim, 2020).

İlin sahip olduğu morfolojik yapı iklim özelliklerinin şekillenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bingöl'ü çevreleyen dağlar, sıcaklık ve yağış koşullarında farklılaşmaya yol açmaktadır. Bu nedenle ili içerisinde kuzeye gidildikçe genel olarak sıcaklıklar azalırken, yağış miktarı artmaktadır (Avcı vd. 2018). Merkez ilçe ile Genç ilçesi diğer ilçelere nazaran daha yumuşak bir iklime sahiptir (MGM 2020). Sahip olduğu yükselti ve kuzeyden sokulan nemli ve serin hava kütlelerine açık olması nedeniyle Bingöl ili ve çevresinde yazları sıcak ve kurak geçerken kışları sert ve soğuk geçmektedir (Anonim 2020). İl genelinde ilkbahar ve sonbaharda meydana gelen yağışlar yağmur şeklinde iken, kışın yağışlar kar şeklindedir. Bingöl'de ortalama yıllık toplam yağış

949,1 mm olup, kasım-nisan döneminin oldukça yağışlı geçtiği görülmektedir. İl genelinde uzun yıllar yıllık ortalama sıcaklık değeri 12,1 °C seviyesindedir. İlde yıllık ortalama en yüksek sıcaklık 18,5 °C, en düşük sıcaklık 6,5 °C seviyesindedir (MGM 2020).

2.2. İncelenen Mikrohavzaların ve Köylerin Genel Özellikleri

Lediz mikrohavzası; Bingöl ili Genç ilçesinin Sürekli, Ardıçdibi, Keklikdere, Şehittepe, Dereköy, Balgöze, Yiğitbaşı ve Meşedalı köyleri ile Mutluca mezrasını kapsar. Yükselti ortalama 1500 m, ortalama yağış 831 mm'dir. Mikrohavzada 2709.5 ha orman, 167.9 ha mera, 917.7 ha tarım alanı ve 118.4 ha yerleşim yeri bulunur (OGM 2013; Danış 2019). Vahkin-Çanakçı mikrohavzası; Bingöl ili Genç ilçesinin Maşedalı, Çaytepe, Çanakçı, Gözütok, Dilektaş, Koçsırtı, Doğaneverler, Binekli, Yenisu, Pınaraltı, Sarmakaya, Elmagünü, Bayırlı, Yağızca, Kepçeli, Balgöze ve Yiğitbaşı köylerini kapsar. Yükselti ortalama 1850 m, ortalama yağış 831 mm'dir (OGM 2014; Danış 2019).

Yayla köyü Genç ilçesine bağlı (17 km) dağlık bir köydür. Köyün 11 mezrası vardır. Mezralara bağlı olarak yazın 37 hane, kışın 26 hane ikamet etmektedir. Yazın nüfus 250, kışın 100'dür. Köyün adrese dayalı nüfusu 254'tür. Köyün geçimi genelde hayvancılık olup, yer yer tarım da yapılmaktadır. Köyün tarım arazisi 3374.6 da, tarım dışı arazisi ise 3563.9 dekadır. Köyde büyükbaş hayvan sayısı 768, küçükbaş hayvan sayısı ise 808'dir. Köyün eğitimi genellikle yatılı ve taşınalı şeklindedir. Köyde 1 yatılı bölge okulu bulunmakta olup, 180 öğrenci ve 16 öğretmek mevcuttur. Köyde ayrıca 1 sağlık ocağı ve 2 cami yer almaktadır (Danış 2019). Doğanca köyü Genç ilçesine bağlı (6 km) dağlık bir köydür. Köyün 12 mezrası vardır. Mezralara bağlı olarak yazın 44 hane, kışın 8 hane ikamet etmektedir. Yazın nüfus 263, kışın 35'tir. Köyün adrese dayalı nüfusu 210'dur. Köyün geçimi genelde hayvancılık olup, yer yer tarım da yapılmaktadır. Köyün tarım arazisi 1653.9 da, tarım dışı arazisi ise 3956.7 dekadır. Köyde büyükbaş hayvan sayısı 733, küçükbaş hayvan sayısı ise 437'dir (Danış 2019).

3.2. Yöntem

Araştırmada, Bingöl ili Genç ilçesindeki iki mikrohavza (Lediz ve Vahkin-Çanakçı mikrohavzaları) içindeki köylerde yapılan mikro havza projeleri ele alınmıştır. Bu köylerde yaşayan 101 hane sahibi ile yapılan anketlerle projeden yararlanan bölge halkının genel durumu ve memnuniyeti belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun yanı sıra, Bingöl ili Genç ilçesindeki projenin uygulanmadığı iki diğer köy olan Doğanca ve Yayla köylerinde bu tür projelerin uygulanması ile elde edilebilecek olan yararlar ve projeye bakış açıları bu köylerde yaşayan 30 hane sahibi ile yapılan anketlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Anket sonrasında elde edilen veriler özellikle bir istatistik paket programı olan SPSS (Statistics Package for the Social Sciences) V.25 ile değerlendirilmiştir (Danış 2019).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Mikrohavzlardaki anketlerde Yer Alan Katılımcıların Sosyo-Demografik Özellikleri

Tablo1'den anlaşıldığı üzere, Proje kapsamında ankete katılanların önemli bir kısmı göz önüne alındığında; projeden faydalandıkları, 4-6 kişilik hanelerden oluştuğu, arazilerinin 3-6 da arasında olduğu, büyükbaş hayvancılık yaptıkları ve tarım ile geçimlerini sağladıkları, yaşlarının 46 ve üzeri olduğu, kışın 1-5 ton yakacak kullandıkları, köylerinde yılın 9-12 ayı yaşadıkları ve okur-yazar olmadıkları belirlenmiştir. İki mikrohavzadaki yapılan faaliyetlere (ormancılık, mera ıslahı, tarım ve sulama faaliyetleri, enerji faaliyetleri ve diğer faaliyetlere) ilişkin yöre halkının bakış açılarının değerlendirilmeleri sırasıyla Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir. Bunlara göre, ormancılık, mera ıslahı, tarım ve sulama faaliyetleri, enerji faaliyetleri ve diğer faaliyetlerinin çok önemli ve önemli olduğu belirtilmiştir. Bu görüşlere ve katılımın da çok yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. Ele alınan mikrohavzalardaki sosyo-demografik yapı

Anket sorusu	Frekans	Oran (%)	Anket sorusu	Frekans	Oran (%)
Eğitim?			Arazi varlığı?		
Okur-yazar değil	68	67.3	3 da	41	40.6
İlkokul	24	23.8	4-6 da	42	41.6
Ortaokul	5	5	7-10 da	18	17.8
Lise	4	4	11 ≤	0	0
Hane halkı sayısı?			Yıllık ort. gelir? (TL)		
≤ 3	32	31.7	5000-10000	12	11.9
4-6	53	52.5	10001-20000	21	20.8
7 ≤	16	15.9	20001-30000	36	35.6
			30001 ≤	32	31.7
Yaş?			Hayvan sayısı? Büyükbaş		
30-37	8	7.9	Küçükbaş	83	82.2
38-45	3	3.0	Arıcılık	3	3
46-53	22	21.8	Kanatlı	0	0
54-61	25	24.8		15	14.9
62 ≤	43	42.6			
Sosyal güvence var mı?			Hizmet alınmış mı? Evet		
Evet	51	50.5	Hayır	96	95.0
Hayır	50	49.5		5	5
Yakacak odun tutarı? (TL/yıl)			Yıllık yakacak odun?		
0-500	28	27.7	1-5 ton	73	72.3
501-750	23	22.8	6-10 ton	27	26.7
751-1000	13	12.9	11-15 ton	1	1
1001 ≤	37	36.6	16 ton ≤	0	0
Geçim kaynağı?			İkamet süreleri?		
Tarım+Hayvancılık	63	62.4	1-3 ay	2	2
Ormancılık	0	0	3-6 ay	2	1
Diğer	38	37.6	6-9 ay	10	9.9
			9-12 ay	88	87.1

Tablo 2. Katılımcıların ormancılık ile ilgili faaliyetlere bakış açısının dağılımı

Alt faaliyet		1*	2	3	4	5	Standart sapma	Ortalama değer**
Rehabilitasyon	Frekans	46	54	1	0	0	0.51914	1.5545
	%	45.5	53.5	1	0	0		
Ağaçlandırma	Frekans	41	59	1	0	0	0.51145	1.6040
	%	40.6	58.4	1	0	0		
Gelir Getirici türlerin dikimi	Frekans	46	53	2	0	0	0.53695	1.5644
	%	45.5	52.5	2	0	0		
Erozyon önleme	Frekans	45	55	1	0	0	0.51799	1.5944
	%	44.6	54.5	1	0	0		

(*1: çok önemli, 2: önemli, 3: fark etmez, 4: önemsiz, 5: hiç önemli değil;

**Ortalama değer; 1-2.33: yüksek katılım, 2.34-3.66: orta katılım, 3.67-5.0: düşük katılım)

Tablo 3. Katılımcıların mera ıslahı ile ilgili faaliyetlere bakış açısının dağılımı

Alt faaliyet		1*	2	3	4	5	Standart sapma	Ortalama değer**
Gölgelek, sıvat, tuzluk, kaşınma kazığı	Frekans	43	57	1	0	0	0.51512	1.5842
	%	42.6	56.4	1	0	0		
Münavebeli sistem uygulamaları	Frekans	41	57	2	1	0	0.57832	1.6337
	%	40.6	56.4	2	1	0		
Bilinçlendirme faaliyetleri	Frekans	42	58	1	0	0	0.51339	1.5941
	%	41.6	57.4	1	0	0		

(*1: çok önemli, 2: önemli, 3: fark etmez, 4: önemsiz, 5: hiç önemli değil;

**Ortalama değer; 1-2.33: yüksek katılım, 2.34-3.66: orta katılım, 3.67-5.0: düşük katılım)

Tablo 4. Katılımcıların tarım ve sulama ile ilgili faaliyetlere bakış açısının dağılımı

Alt faaliyet		1*	2	3	4	5	Standart sapma	Ortalama değer**
Seracılık	Frekans	48	52	1	0	0	0.52085	1.5347
	%	47.5	51.5	1	0	0		
Kapama meyve bahçesi	Frekans	48	51	2	0	0	0.53898	1.5446
	%	47.5	50.5	2	0	0		
Sulama sistemi (Damlama vb.)	Frekans	48	53	0	0	0	0.50188	1.5248
	%	47	52	1	0	0		
Sulama sistemi (havuz, ark vb.)	Frekans	47	53	1	0	0	0.52009	1.5446
	%	46.5	52.5	1	0	0		
Hayvan içme suyu	Frekans	49	51	1	0	0	0.52142	1.5248
	%	48.5	50.5	1	0	0		
H. Barınağının iyileştirilmesi	Frekans	51	49	1	0	0	0.52199	1.5050
	%	50.5	48.5	1	0	0		
Kovan dağıtımı	Frekans	52	49	0	0	0	0.50227	1.4851
	%	51.5	48.5	0	0	0		

(*1: çok önemli, 2: önemli, 3: fark etmez, 4: önemsiz, 5: hiç önemli değil;

**Ortalama değer; 1-2.33: yüksek katılım, 2.34-3.66: orta katılım, 3.67-5.0: düşük katılım)

Tablo 5. Katılımcıların enerji ile ilgili faaliyetlere bakış açısının dağılımı

Alt faaliyet		1*	2	3	4	5	Standart sapma	Ortalama değer**
Güneş enerjisi	Frekans	74	27	0	0	0	0.44477	1.2673
	%	73.3	26.7	0	0	0		
İzolasyon	Frekans	70	31	0	0	0	0.46352	1.3069
	%	69.3	30.7	0	0	0		
Tasarıflı soba	Frekans	73	28	0	0	0	0.44986	1.2772
	%	72.3	27.7	0	0	0		

(*1: çok önemli, 2: önemli, 3: fark etmez, 4: önemsiz, 5: hiç önemli değil;

**Ortalama değer; 1-2.33: yüksek katılım, 2.34-3.66: orta katılım, 3.67-5.0: düşük katılım)

Tablo 6. Katılımcıların diğer faaliyetlere bakış açısının dağılımı

Alt faaliyet		1*	2	3	4	5	Standart sapma	Ortalama değer**
Köye yapılan ortak faaliyetler	Frekans	13	53	32	1	1	3.14492	2.5446
	%	12.9	52.5	31.7	1	1		
Cami, okul, taziye evi vb. için yapılan faaliyetler	Frekans	13	53	33	1	1	0.72672	2.2475
	%	12.9	52.5	32.7	1	1		
Mera ve yayla yolu faaliyetleri	Frekans	9	53	36	0	2	1.12488	2.4158
	%	8.9	52.5	35.6	0	2		
Teknik elemanların çalışmaları	Frekans	7	52	39	2	1	3.14492	2.5446
	%	13	53	32	1	1		
Yüklenici firmaların çalışmaları	Frekans	13	53	33	1	1	0.72672	2.2475
	%	12.9	52.5	31.7	1	1		
Çeşme yapımı	Frekans	9	53	36	0	2	1.12488	2.4158
	%	12.9	52.5	32.7	1	1		

(*1: çok önemli, 2: önemli, 3: fark etmez, 4: önemsiz, 5: hiç önemli değil;

**Ortalama değer; 1-2.33: yüksek katılım, 2.34-3.66: orta katılım, 3.67-5.0: düşük katılım)

4.2. Doğanca ve Yayla köyü Anketlerinde Yer Alan Katılımcıların Sosyo-Demografik Özellikleri

Tablo 7’de Projeden yararlanmayan Doğanca ve Yayla köyü anketlerine katılan bireylerin sosyo-demografik özellikleri verilmiştir. Tablo 1’den anlaşıldığı üzere, Proje kapsamında ankete katılanların önemli bir kısmı göz önüne alındığında; projeden yararlanmayan Doğanca ve Yayla köyü sakinlerinin, 4-6 kişilik hanelerden oluştuğu, arazilerinin genellikle 3 da ve biraz üzerinde olduğu anlaşılmıştır.

Bu bölgede yaşayan halkın genellikle büyükbaş hayvancılık yaptıkları ve tarım ile geçimlerini sağladıkları belirlenmiştir. Köyde ikamet edenlerin genellikle yaşlı oldukları, kışın 1-5 ton yakacak kullandıkları, genellikle köylerinde yılın 9-12 ayı yaşadıkları ortaya çıkmıştır. Doğanca ve Yayla köyü anketlerine katılan bireylerin ağırlıklı bir oranda sosyal güvencelerinin olmadığı, yıllık ortalama gelirlerinin yaklaşık 5000-10000 TL arasında olduğu, eğitim seviyelerinin çok düşük olduğu ve çoğunlukla okur-yazar olmadıkları belirlenmiştir.

Projeden yararlanmayan Doğanca ve Yayla köyü anketlerine katılan bireylerin proje hakkında görüşlerini ortaya koyan anket değerlendirmeleri ise Tablo 8’de verilmiştir. Çalışma alanında mikrohavzada yaşayan fakat projenin uygulanmadığı köylerdeki anket sonuçları değerlendirildiğinde; proje hakkında genellikle bilgilerinin yeterli olmadığı ortaya çıkmıştır. Bunun yanında kendi köylerine bu projeler uygulandığında veya benzeri hizmetler götürüldüğünde kendilerinin büyük ölçüde bu hizmetlerde memnun olacağı belirtilmiştir. Bu ve benzeri projelerin uygulanmasının aynı zamanda bölgelerindeki işsizlik problemine, hayvancılığın ve tarımın gelişimine, meraların ıslahına, ormanların korunmasına ve köylerindeki sulama sorunlarının çözümüne yararları olacağı belirtilmiştir. Bu kapsamda, yapılan anketlere katılımın ve görüş beyan etme durumu değerlendirildiğinde ise katılımın yüksek bir düzeyde gerçekleştiği sonucu ortaya çıkmıştır.

Tablo 7. Doğanca ve Yayla köylerinde sosyo-demografik yapı

Anket sorusu	Frekansı	Oranı (%)	Anket sorusu	Frekansı	Oranı (%)
Hanede yaşayan birey sayısı?			Hane halkının arazi varlığı?		
≤ 3	9	30.0	3 da	13	43.3
4-6	13	43.3	4-6 da	9	30
7 ≤	8	26.7	7-10 da	8	26.7
			11 ≤	0	0
Yıllık yakacak odun tutarı? (TL)			Yıllık ortalama gelir? (TL)		
0-500	16	53.3	5000-10000		
501-750	10	33.3	10001-20000	15	50
751-1000	4	13.3	20001-30000	7	23.3
1001 ≤	0	0	30001 ≤	5	16.7
				3	10
Hanede yaşayanların ortalama yaşı?			Hane sahibinin hayvan sayısı? Büyükbaş		
30-37	4	13.3	Küçükbaş	25	83.3
38-45	3	10.0	Arıcılık	2	6.7
46-53	5	16.7	Kanatlı	0	0
54-61	6	20.0		3	10
62 ≤	12	40.0			
Bireylerin eğitim durumları ?			Yıllık yakacak odun? (ton)		
Okur-yazar değil	20	66.7	1-5	20	66.7
İlkokul	7	23.3	6-10	9	30.0
Ortaokul	2	6.7	11-15	1	3.3
Lise	1	3.3	16 ≤	0	0
Köyde ikamet süreleri?			Köyde geçim kaynakları?		
1-3 ay			Tarım+Hayvancılık		
3-6 ay	1	3.3	Ormancılık	27	90.0
6-9 ay	1	3.3	Diğer	0	0
9-12 ay	1	3.3		3	10.0
	27	90.0			
Sosyal güvence var mı?					
Evet	3	10.0			
Hayır	27	90.0			

Tablo 8. Doğanca ve Yayla köylerinde sosyo-demografik yapı

Anket sorusu	Frekansı	Oranı (%)	Standart sapma	Ortalama değer*
Proje hakkında bilginiz var mı?	Evet 10	33.3	0.47946	1.6667
	Hayır 20	66.7		
Proje köyünüze uygulanırsa faydalı olur mu?	Evet 25	83.3	0.37905	1.1667
	Hayır 5	16.7		
Proje köyünüze uygulanırsa işsizliğe faydası olur mu?	Evet 25	83.3	0.37905	1.1667
	Hayır 5	16.7		
Proje köyünüze uygulanırsa hayvancılığa faydası olur mu?	Evet 25	83.3	0.37905	1.1667
	Hayır 5	16.7		
Proje köyünüze uygulanırsa tarım arazisine faydası olur mu?	Evet 25	83.3	0.37905	1.1667
	Hayır 5	16.7		
Proje köyünüze uygulanırsa meralara faydası olur mu?	Evet 25	83.3	0.37905	1.1667
	Hayır 5	16.7		
Proje köyünüze uygulanırsa orman-ağaçlandırmaya faydası olur mu?	Evet 25	83.3	0.37905	1.1667
	Hayır 5	16.7		
Proje köyünüze uygulanırsa sulamaya faydası olur mu?	Evet 25	83.3	0.37905	1.1667
	Hayır 5	16.7		

(*Ortalama değer; 1-2.33: yüksek katılım, 2.34-3.66: orta katılım, 3.67-5.0: düşük katılım)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında, Murat Nehri Rehabilitasyon Projesi kapsamında, Bingöl İli Genç İlçesi Vahkin-Çanakçı ve Lediz mikrohavzalarında yapılan anket çalışmaları ile bu bölgede bulunan ancak projeden yararlanamayan Yayla köyü ve Doğanca köyü hane haklarıyla yapılan anketlerden elde edilen genel sonuçlar ve yapılan öneriler aşağıda verilmiştir:

- Projelerin uygulandığı mikrohavzalardaki köylerde yaşayanların nispeten yaşlı olduğu, hane sayılarının çoğunluklu 4-6 olduğu, çoğunluğu eğitimsiz olduğu, çoğunluğunun 3-6 darazisi olduğu, çoğunluğunun gelirinin yıllık 20000 TL ve üzerinde olduğu, çoğunluğunun yıllık yakacak adun tüketiminin 1-5 ton arasında olduğu, yakacağa verdikleri ücretin değişiklik gösterdiği, çoğunlukla tarım ve hayvancılıkla geçindikleri ve çoğunluğunun 9-12 ay köyde yaşadığı belirlenmiştir.
- Projelerin uygulandığı mikrohavzalardaki köylerde yaşayanların çoğunluğunun projeden yararlandığı belirlenmiştir.
- Projelerin uygulandığı mikrohavzalardaki köylerde yaşayanların bölgelerine yapılan ormancılık faaliyetlerini (ağaçlandırma, gelir getirici meyve ağaçlarının dikimi, erozyon önleyici faaliyetler), mera ıslahı çalışmalarını (gölgeleme yapımı sıvaz yapımı, tuzluk yapımı, kaşınma kazığı yapımı, münavebeli sistem uygulamaları, bilinçlendirme çalışmaları), tarım ve sulama faaliyetlerini (seracılık, kapama meyve bahçesi, damla sulama sistemleri, havuz-ark yapımları, hayvan içme suyu faaliyetleri, hayvan barınaklarının iyileştirilmesi, kovan dağıtımı) ve enerji faaliyetlerini (güneş enerjisi, izolasyon, tasarruflu soba) çok önemli ve önemli buldukları anlaşılmıştır.
- Projeden faydalanamayan Yayla köyü ve Doğanca köyü hane haklarıyla yapılan görüşmeler ve anketler sonucunda ise, proje hakkında çoğunlukla bilgilerinin olmadığı, projenin köylerine uygulanmasının köylerindeki işsizliğe, hayvancılığa, tarıma, meralara, ormana ve sulama faaliyetlerine faydalı olacağı görüşü ortaya çıkmıştır.

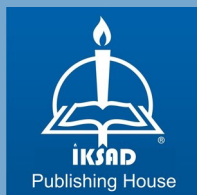
Bildirim ve Teşekkür

Bu kitap bölümü, Prof. Dr. Ali Rıza Demirkıran'ın danışmanlığında Hayrettin Danış tarafından Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve bitki Besleme Anabilim Dalında tamamlanan yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Murat Nehri Rehabilitasyon Projeleri kapsamında hazırlanmış olan mikrohavza projelerine katkılarından dolayı Prof. Dr. Alaaddin Yüksel'e, aynı projelerde istatistiki çalışmalar ve anket değerlendirme kısımlarına verdiği desteklerden dolayı da Dr. Öğretim Üyesi Ahmet Uslu'ya teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Alp V, Demirkıran AR (2025) Determination of productivity status of agricultural lands in Solhan district of Bingöl province. Uluslararası Gıda Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 5(1), 22-29.
- Anonim (2020) Bingöl İlinin Coğrafi Durumu. Bingöl Valiği Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü. <https://bingol.csb.gov.tr/cografi-durumu-i-1393#:~:text=%C4%B0KL%C4%B0M%3A%20Kuzeyden%20sokulan%20nemli%2Dserin,ortalama%20s%C4%B1cakl%C4%B1k%2012%2C1%20derecedir> (erişim tarihi: 10.06.2020)
- Avcı V, Esen F, Kıranşan K (2018) Bingöl ilinin fiziki coğrafya özellikleri. Bingöl Üniversitesi Bingöl Araştırmaları Dergisi (Arkeoloji Özel Sayısı)2:9-40
- Baydaş, A., Demirkıran, A. R., & Bilinmiş, M. M. (2018). Murat Nehri Rehabilitasyon Projelerinden Yöre Halkının Memnuniyet Düzeyinin Belirlenmesi: Bingöl (Lediz, Vahkin-Çanakçı, Göynük Çayı Ve Çapakçur Mikrohavzaları) Örneği. JOEEP, Journal of Emerging Economies and Policy, 3(1), 31-57.
- Bilinmiş MM (2016) Bingöl ili Lediz,Vahkin-Çanakçı, Göynük ve Çapakçur mikrohavza projelerinden yöre halkının memnuniyet düzeyinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, s.44-46.
- Çakar Y (2020) Murat nehri havzası rehabilitasyon projesi kapsamında Yamaç, Arduşen, Erdemli ve Yeşilköy mikrohavzalarının tarımsal açıdan değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, s.47-49
- Danış H (2019) Murat Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi Kapsamında Bingöl İli Genç İlçesinde Bulunan Mikrohavza Projelerinin Verimliliği ve Sürdürülebilirliğinin Araştırılması, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Demir Y (2016) Bingöl ovasında farklı fizyografik üniteler üzerinde oluşmuş toprakların sınıflandırılması ve hidrolik özelliklerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
- Demirkıran AR, Cengiz MC (2010) Effects of different organic materials and chemical fertilizers on nutrition of pistachio (*Pistacia vera* L.) in organic arboriculture. African Journal of Biotechnology, 9(38), 6320-6328.
- Enes B (2016) Bingöl ili Yamaç mikrohavzasının havza karakteristikleri ile bazı toprak özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

- Ertugay, Z., Kurt, A., Elgün, A. ve Gökalp, H.Y. 1994. Fermentasyon teknolojisi. Gıda Bilimi Ve Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 671, Erzurum, 305-368.
- FAO (2015) How to Feed the World in 2050. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf (erişim tarihi: 11.17.2020).
- MGM, (2020) Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Bingöl iklim verileri, Ankara
- OGM (2013), MNHRP (Murat Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi) Lediz Mikrohavza Planı, Ankara.
- OGM (2014), MNHRP (Murat Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi) Vahkin-Çanakçı Mikrohavza Planı, Ankara
- Uslu, A., Yüksel, A., Karakaya, E., Çamuka, S., Çelik, Ş., Hopur, B., Yılmaz, M., & Acartürk, S. (2024). Murat Nehri Rehabilitasyon Projelerinden Faydalanan Yöre Halkının Memnuniyet Düzeyinin Belirlenmesi (Bingöl, Elâzığ ve Muş Mikro Havzaları Örneği). Turkish Journal of Agricultural & Natural Sciences, 11(4).



ISBN: 978-625-378-268-9